

增 養 殖 關 係

種苗生産技術開発研究

(ブリ)

中島 兼太郎・眞鍋 諒太郎・佐々木 進一

目 的

ブリは本県における重要な養殖魚種であるが、その種苗は天然資源に依存しており、人工種苗はほとんど用いられていない。人工種苗を用いたブリ養殖は、卵から稚魚までの期間も飼育環境化で管理されており、トータルでのトレーサビリティを確保できること、天然資源を用いていないため資源管理を実践していることをアピールできることから、海外へ輸出する際に有利である。そこで、本種の種苗生産技術を開発することを目的に本研究をおこなった。

方 法

1 採卵、卵およびふ化仔魚管理

親魚には、当センターで平成27年度に生産したブリ10尾(平均体重6,250g)および県内の養殖業者から購入後、当センターの海面生簀で養成したブリ20尾(平均体重4,576g)を用いた。親魚は11月14日に100kL水槽に陸上げし、1週間の馴致をおこなった後に長日処理(15:00~21:00照明)および水温を19℃に調整して催熟を開始した。

1月23日に雌親魚から卵巣卵を採取しその卵径を測定した後、14尾にLHRHaを1尾あたり1mg打注した。1月25日に採卵および採卵し、人工授精をおこなった。受精卵は卵管理ネットで管理し、1月27日にアルテミアふ化槽に収容してふ化させた。孵化仔魚は日齢1で角型水槽(水量8.6kL)4面(L1,2,3,4)および円型水槽(水量15kL)1面(15kL②)に収容し、下記2の種苗生産試験を実施した。

受精2日後の浮上卵を個体ごとに1Lビーカーに入れてふ化率を算出した。また、ふ化した仔魚をそのまま無給餌、無通気で管理して無給餌生残指数(survival activity index:SAI)を求めた。

2 種苗生産

収容から開口(日齢3)までは仔魚の沈降死を防止するために強通気とし、開口からは仔魚の摂餌と開鰓を妨げないように通気量を調整した。飼育水温は20.0℃から開始し取揚げまでに22.0℃へ加温した。日齢3からタウリンで18時間、バイオクロミス(クロレラ工業株式会社製)および冷凍ナンノK-2(クロレラ工業株式会社製)で5時間栄養強化したS型ワムシを給餌した。日齢24からバイオクロミスで6時間栄養強化したアルテミアを、日齢31から配合飼料(錦江：株式会社ヒガシマル製、おとひめ：日清丸紅飼料株式会社製)を給餌した。

結果および考察

1 採卵

採取した卵巣卵の平均卵径は394~765 μ mであった。11尾から合計116.2万粒の浮上卵を得た。採卵できたのは11尾からであったが、10万粒以上採卵できたのは平均卵径が700 μ m以上の6個体からであったことから、大量の卵を得るためには平均卵径が700 μ mの親魚にLHRHaを打注する必要があると考えられた(図1)。

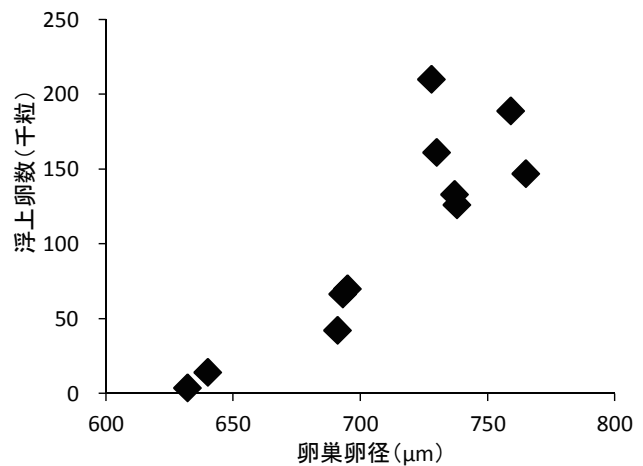


図1 卵巣卵径と浮上卵数の関係

2 ふ化率およびSAI

ふ化率は80.9~100% (平均89.3%)であり、良好であった。SAIは8.9~19.7(平均13.7)であった。

3 種苗生産

水槽収容後に柱状サンプリングで計数した仔魚数は、L1が7.3万尾、L2が2.9万尾、L3が3.8万尾、L4が1.8万尾、15kL②が11.9万尾であり、これを収容尾数とした(表1)。L4は日齢12、L1~3は日齢15で生残魚がほとんどなかったため、生産を中止した。生産不調の原因は、初期のワムシ摂餌率と摂餌数が低かったためと考えられた。摂餌不良は照度不足、餌サイズの不一致、流速の過大などで引き起こされるが、今回の飼育では問題なかったと考えられたため、その原因は不明である。

15kL②は日齢50で192尾を取り揚げた。生産不調の原因は、開口までの通気の管理が悪く沈降死が起こったためと考えられた。

表1 種苗生産試験結果

水槽 No.	収容(日齢1)		取り揚げ		
	日付	尾数 (尾)	日 齢	尾数 (尾)	生残率 (%)
L1		73,000			
L2		29,000	日齢15で終了		
L3	1/29	38,000			
L4		18,000	日齢12で終了		
15kL②		119,000	50	192	0.16

伊予の媛貴海養殖安定化技術開発

山下 浩史・中島 兼太郎・眞鍋 諒太郎・佐々木 進一・水野 かおり・原川 翔伍・川上 秀昌
松原 孝博*1・後藤 理恵*1・斎藤 大樹*1・桐生 郁也*2

目 的

本県海面養殖業生産額の3割を占めるブリ類養殖(ブリ、カンパチ等)は、長引く出荷価格の低迷および飼料用魚粉、燃油、漁業資材等の高騰により、多数の養殖業者が経営不振に陥っており、採算性の高い魚種への迅速な転換が求められている。

当センターでは、クロマグロと同等以上の食味を示し、ブリ類養殖施設をそのまま使用できるスマの生産技術開発試験を平成25年度から平成28年度まで実施し、スマの養殖生産に係る親魚養成、採卵、種苗生産、養殖といった一連の工程における基礎的知見の蓄積ならびに実証がなされ、実用化の目途が得られた。

しかしながら、本種の養殖技術に関し、種苗量産、養殖導入初期の生残、育成用飼料、疾病対策および出荷手法など多くの課題を残しており、今後、産業に定着させるにはこれらの課題解決が早急に必要である。

そこで、国立大学法人愛媛大学南予水産研究センターに一部試験を委託し、本年度は以下の試験を実施した。

方 法

1 種苗量産技術高度化試験

500Lパンライト2水槽にスマ受精卵を各1,000粒収容し、種苗生産試験を実施した。飼育水温は26℃となるようにウォーターバスで調整した。日齢2からS型ワムシ、日齢8からマダイふ化仔魚、試験区1では日齢13から、試験区2では日齢16からイカナゴシラスのミンチ(以下、ミンチ)を給餌した。日齢13から取揚げまで毎日、死亡数を計数した。日齢18で取揚げ、生残尾数を計数した。

2 養殖用飼料開発試験

(1) 供試飼料

イカナゴと市販のマッシュ、栄養剤と油脂を次のように混ぜた飼料を作成した。7:3MP(イカナゴ70kgと市販マッシュ30kgに栄養剤2kg、油脂4kg)、8:2MP(イカナゴ80kg、マッシュ20kg、栄養剤2kg、油脂2.5kg)、9:1MP(イカナゴ90kg、マッシュ10kg、栄養剤2kg、油脂1kg)。各飼料の一般成分について、粗タンパクはケルダール法、粗脂肪はソックスレー抽出法、水分は常圧加熱乾燥法(105℃)、粗糖質はフェノール硫酸法、粗灰分は直接灰化法(600℃)によりそれ

ぞれ測定した。

(2) 試験方法

当センターで種苗生産したスマ当歳魚280尾を試験魚に用いた。8月22日に30尾をサンプリング後、250尾を海面小割生簀(5m×5m×5m)5面に各50尾ずつ収容した。各小割はそれぞれ7:3MP区、8:2MP区、9:1MP区、切り替え区(1か月目9:1MP、2か月目8:2MP)、イカナゴ区とし、1日2回飽食給餌し、62日間飼育した。飼育期間中の水温は20.8–27.0℃であった。

(3) 測定と検定

試験開始1か月後の中間時と試験終了時に各区から無作為に5–15尾サンプリングした。サンプリングしたスマは尾叉長、体重、腸長、腸重量、胃重量、幽門垂重量を測定した。下式により、肥満度、瞬間成長率、日間摂餌率、増肉係数を算出し、各区を比較した。

$$\text{肥満度} = \text{体重}(\text{g}) / [\text{尾叉長}(\text{cm})]^3 \times 1000$$

$$\text{瞬間成長率} = 100 \times [\ln(\text{終了時平均体重}) - \ln(\text{開始時平均体重})] / \text{飼育日数}$$

$$\text{日間摂餌率} = 100 \times \text{総乾物給餌量} / [(\text{開始時尾数} + \text{終了時尾数}) / 2 \times (\text{開始時平均体重} + \text{終了時平均体重}) / 2] / \text{飼育日数}$$

$$\text{増肉係数} = \text{総給餌量} / \text{総増重量}$$

飼餌料に対する消化管の適応を見るため、魚体に占める各臓器の割合として下式により腸長比、腸重量比、胃重量比、幽門垂重量比を算出して各区を比較した。

$$\text{腸長比} = \text{腸長} / \text{尾叉長} \times 100$$

$$\text{腸重量比} = \text{腸重量} / \text{魚体重} \times 100$$

$$\text{胃重量比} = \text{胃重量} / \text{魚体重} \times 100$$

$$\text{幽門垂重量比} = \text{幽門垂重量} / \text{魚体重} \times 100$$

また、各区の5尾から血液を採取し、赤血球数(RBC)、ヘモグロビン値(Hgb)、ヘマトクリット値(Hct)を調べた。各測定値について、一元配置分散分析に供した後Bonferoni多重比較検定、あるいはSteel-Dwass法を用いて有意差(P<0.05)の検定を行った。

3 養殖実証試験

(1) 種苗量産

円型水槽(G2:水量100トン)にスマ受精卵120,000粒を収容し、種苗生産をおこなった。

卵収容時の水温は26.0℃に設定し、取り揚げまでに

*1 愛媛大学南予水産研究センター

*2 水産研究・教育機構増養殖研究所

24.0℃に降温した。

日齢2からタウリンで18時間、バイオクロミス(クロレラ工業株式会社製)および冷凍ナンノK-2(クロレラ工業株式会社製)で5時間栄養強化したS型ワムシを給餌した。日齢7から餌料仔魚としてマダイ、イサキを、日齢14からミンチを給餌した。日齢16で取揚げ、活魚選別機で選別し中間育成をおこない、全長100mm程度で養殖業者に配布し、下記(2)の養殖試験を実施した。

(2) 平成29年度生産種苗の養殖試験

6月2日にA社7,300尾、B社3,700尾、6月5日にC社1,200尾を配布した。AおよびB社は生餌主体、C社は配合飼料のみを給餌した。給餌回数や給餌量は、各社が決定した。魚体重は、水中ステレオカメラを用いて尾叉長を測定し、これまでの測定結果から求めたスマの尾叉長と魚体重のアロメトリー式から算出した。また、配布1ヶ月後は10尾をサンプリングして測定した。

(3) 平成28年度生産種苗の養殖試験(平成28年度から継続)

平成28年5月から県内の養殖業者の生簀で実施中の飼育試験を継続した。飼育期間は出荷終了までとした。

4 魚病対策試験

(1) 種苗生産中に発生した疾病の検査

3-(1)の種苗量産中のG2水槽で、日齢21から遊泳異常および大量へい死がみられたため、サンプルを採取し、ウイルス検査および病理組織の観察をおこなった。

ウイルス検査では、死亡魚の臓器(脾臓、肝臓および脳)からDNAまたはRNAを抽出し、既存のウイルス性疾病(ビルナウイルス感染症、ウイルス性神経壊死症、ウイルス性出血性敗血症、アクアレオウイルス感染症)のPCR検査を実施した。また、死亡魚の臓器(脾臓および肝臓)の摩砕液上清(遠心分離3000rpm、15分の上清)を0.45μmフィルターでろ過し、そのろ液をRTG-2細胞、EPC細胞およびCHSE細胞に接種し、15℃で培養して細胞変性効果(CPE)を観察した。

病理組織の観察では、病魚4個体をダビットソン固定液で固定し、パラフィン包埋し3μm厚の切片を作製し、それぞれヘマトキシリン・エオシン染色を施し観察した。

(2) 平成28年度および平成29年度に発生した疾病の再現試験

平成28年度および平成29年度の病魚由来の内臓摩砕液またはウイルス分離でCPEがみられた培養上清を、平均体重2.5~10.5gのスマの腹腔内に、1尾あたり0.1ml接種した。その後10~21日間観察をおこなった。

5 出荷技術の開発(愛媛大学委託)

現在は1尾ずつ釣り上げて出荷しているが、出荷尾数の増加に伴いこの方法での限界を超えることが想定

されるため、大量に水揚げする技術が必要となる。そこで、大型養殖生簀から小型出荷用生簀に移動させるためのトンネル網を作製した。

また、出荷用生簀の網を上げてスマを水揚げしてもスマの体表に傷が付かないようにするために、生簀の一面面に柔軟な布またはビニールシートを張った模型を作製した。

結果および考察

1 種苗量産技術高度化試験

ミンチ給餌開始時における平均全長(以下、TL)は、試験区1が12.9mm、試験区2が28.9mmであった。ミンチに餌付いた日齢およびTLは、試験区1が日齢15、TL26.1mm、試験区2が日齢16、TL28.9mmであった。TL12.9mmからミンチを給餌してもTL28.9mmまで餌付かなかったこと、TL26.1mmからミンチを給餌するとすぐに餌付いたことから、スマがミンチに餌付くのはTL26mm頃であると考えられた。

取揚げ尾数およびTLは、試験区1が91尾、39.6mm、試験区2が88尾、39.0mmであり大差なかった(表1)。

2 養殖用飼料開発試験

供試飼料の一般成分分析結果と乾物換算値を表2と表3に示した。供試飼料の一般成分はマッシュの増加に伴い水分が減少していた。カロリー・タンパク質比(C/P比)はイカナゴ区を除いて各MP区で70前後とほぼ同等であった。

表1 種苗生産試験結果

試験区	飼育条件		取揚げ		
	収容卵数(粒)	生餌給餌(日齢)	日齢	尾数(尾)	全長(mm)
1	1,000	13~	18	91	39.6
2		16~		88	39.0

表2 各飼料の一般組成

	使用飼料			
	7:3MP	8:2MP	9:1MP	イカナゴ
水分	57.4	65.1	72.9	84.4
粗タンパク	21.4	21.5	15.6	11.0
粗脂肪	7.2	5.6	4.2	2.1
粗糖質	2.9	2.7	1.7	0.4
粗灰分	7.4	5.7	3.8	1.2

表3 各飼料の一般組成の乾物換算値

	使用飼料			
	7:3MP	8:2MP	9:1MP	イカナゴ
粗タンパク	50.3	61.7	57.8	70.4
粗脂肪	17.0	16.1	15.5	13.7
粗糖質	6.8	7.8	6.4	2.4
粗灰分	17.4	16.2	14.1	8.0
C/P	75.8	69.5	69.5	61.5

各試験区における飼育成績の結果を表4に示した。10月5日～11日に生簀周辺を通過した漁船のライトが原因とみられる大量斃死が発生したため、試験終了時の生残率は各試験区で29.4%～70.0%と低かった。魚体重に関しては、終了時においてイカナゴ区が最も大きく896±109g、次に9:1MP区で660±70g、切り替え区で606±91g、8:2MP区で443±59g、7:3MP区で394±58gであった。肥満度に関しては、終了時においてイカナゴ区が最も高く2.04±0.11、次に9:1MP区で1.82±0.10、切り替え区で1.79±0.10、8:2MP区で1.69±0.15、7:3MP区で1.56±0.30であった。瞬間成長率はマッシュ含有率が増えると低下した。日間摂餌率は8:2MP区が最も高く、イカナゴ区が最も低かった。増肉係数は7:3MP区が292.1と最も大きく、8:2MP区から増肉係数が急激に上昇する傾向がみられた。

各試験区における腸長比と消化管重量比を表5に示した。腸長比は中間時に切り替え区が最も大きく、終了時はイカナゴ区が最も大きかった(P<0.05)。腸重量比では終了時の9:1MP区を除いて中間時、終了時ともに各MP区はイカナゴ区よりも有意に大きかった(P<0.05)。また、胃重量比においても中間時の9:1MP区を除いて、中間時、終了時ともに各MP区はイカナゴ区よりも有意に大きかった(P<0.05)。幽門垂重量比も中間時、終了時ともに各MP区はイカナゴ区に比べて有意に大きかった(P<0.05)。

各試験区における血液性状の結果を表6に示した。終了時において、7:3MP区、8:2MP区のRBC、HgbとHctはイカナゴ区と比較して有意に低かった(P<0.05)。ま

表4 各試験区における飼育成績の結果

	試験区				
	7:3MP	8:2MP	9:1MP	切り替え	イカナゴ
生残率(%)	54.9	29.4	70.0	56.0	64.0
魚体重(g)					
開始時			275		
			±12		
中間時	378 ^a	459 ^a	553 ^b	585 ^b	704 ^c
	±38	±43	±97	±67	±91
終了時	394 ^a	443 ^a	660 ^b	606 ^b	896 ^c
	±58	±59	±70	±91	±109
肥満度					
開始時			1.70		
			±0.10		
中間時	1.58 ^a	1.70 ^b	1.77 ^{bc}	1.83 ^c	2.01 ^d
	±0.08	±0.05	±0.08	±0.13	±0.08
終了時	1.56 ^a	1.69 ^{ab}	1.82 ^b	1.79 ^b	2.04 ^c
	±0.30	±0.15	±0.10	±0.10	±0.11
瞬間成長率(%)	0.59	0.78	1.44	1.30	1.94
日間摂餌率(%)	27.62	34.08	31.94	31.56	17.67
増肉係数	292.1	67.9	32.4	32.2	14.6
平均値±SD					
異なるアルファベット間で有意差有り(P<0.05)					

た、終了時の切り替え区におけるHctもイカナゴ区と比較して有意に低かった(P<0.05)。

本試験の結果から、マッシュの含有率が2割以上になると血液性状が悪化し、成長速度が著しく低下し、

表5 各試験区における腸長比と消化管重量比

	試験区				
	7:3MP	8:2MP	9:1MP	切り替え	イカナゴ
開始時					
腸長比			42.64		
			±5.32		
腸重量比			0.54		
			±0.12		
胃重量比			1.70		
			±0.22		
幽門水重量比			2.41		
			±0.32		
中間時					
腸長比	40.66 ^a	41.43 ^{ab}	44.00 ^{bc}	44.25 ^c	40.81 ^a
	±2.99	±2.49	±2.35	±1.81	±2.32
腸重量比	0.63 ^a	0.59 ^a	0.56 ^a	0.63 ^a	0.39 ^b
	±0.09	±0.08	±0.06	±0.06	±0.06
胃重量比	1.63 ^a	1.46 ^{ab}	1.29 ^{ab}	1.42 ^{bc}	1.17 ^c
	±0.47	±0.13	±0.12	±0.16	±0.12
幽門水重量比	3.80 ^b	4.04 ^{bc}	4.17 ^{bc}	4.36 ^c	2.98 ^a
	±0.35	±0.35	±0.41	±0.47	±0.20
終了時					
腸長比	38.55 ^a	40.29 ^{ab}	38.53 ^a	39.82 ^{ab}	42.43 ^b
	±3.55	±3.06	±2.42	±2.64	±2.26
腸重量比	0.61 ^a	0.65 ^a	0.52 ^{ab}	0.62 ^a	0.46 ^b
	±0.06	±0.12	±0.06	±0.06	±0.06
胃重量比	2.16 ^a	2.18 ^a	1.40 ^b	1.55 ^b	1.12 ^c
	±0.39	±0.24	±0.18	±0.14	±0.12
幽門水重量比	3.92 ^a	4.05 ^a	3.99 ^a	4.33 ^a	2.86 ^b
	±0.35	±0.25	±0.32	±0.28	±0.22
平均値±SD					
異なるアルファベット間で有意差有り(P<0.05)					

表6 各試験区における血液性状結果

	試験区				
	7:3MP	8:2MP	9:1MP	切り替え	イカナゴ
中間時					
RBC	4.8	4.6	4.7	5.4	5.1
	±0.2	±0.5	±0.2	±0.7	±0.1
Hgb	14.2	14.1	14.8	16.8	16.5
	±0.9	±1.7	±0.9	±2.0	±0.3
Hct	58.4	57.0	60.9	68.1	67.1
	±4.0	±7.8	±4.6	±7.0	±4.2
終了時					
RBC	4.1 ^a	4.0 ^a	4.4 ^{ab}	4.2 ^{ab}	4.8 ^b
	±0.5	±0.3	±0.2	±0.5	±0.1
Hgb	13.2 ^a	13.5 ^a	15.3 ^{ab}	14.5 ^{ab}	17.4
	±2.1	±1.2	±0.4	±1.8	±1.4
Hct	49.3 ^a	51.6 ^a	57.7 ^{ab}	53.1 ^a	65.8 ^b
	±8.1	±4.7	±1.4	±6.0	±3.1
平均値±SD					
異なるアルファベット間で有意差有り(P<0.05)					

増肉係数が急激に上昇することが明らかとなった。また、MPに対する消化管の増大はみられたが、それに伴う成長改善はみられなかった。そのため、現状においてスマ養殖に適しているモイストペレットは9:1MPであると考えられた。

3 養殖実証試験

(1) 種苗量産

日齢16で35,005尾を取揚げた(表7)。日齢21から遊泳異常魚が見え始め、日齢23までに約1万尾が死亡した。日齢32および35で養殖業者3件に合計12,200尾(平均全長90.3~103.3mm)を配布した。

(2) 平成29年度生産種苗の養殖試験

測定結果を表8に示した。試験開始1ヶ月後サンプリング結果は、A社およびB社と比較してC社は成長が悪く、肥満度も低かった。なお、カメラでの測定結果は、生餌を給餌した場合の尾又長から体重を推定したものであるため、肥満度が低いC社の測定結果には差が生じたと考えられた。その後もC社は成長が悪く、12月の魚体重はB社が1,990g、C社が855gであり(A社は欠測)、配合飼料で飼育した場合の魚体重は、生餌で飼育した場合の半分以下であった。

A社では11月から出荷を開始し、3月31日までに約350尾を出荷した。B社では12月から出荷を開始し、3月31日までに約1,150尾を出荷した。

(3) 平成28年度生産種苗の養殖試験

出荷は12月で終了した。昨年度からの出荷尾数の合計は約700尾であり、配布尾数からの生残率は約6%であった。試験開始後に発生した死亡や共食いなどによる影響が大きいと考えられた。

4 魚病対策

(1) 種苗生産中に発生した疾病の検査

G2水槽で日齢21から遊泳異常が観察され、日齢22で沖出しをおこなったところ、遊泳異常魚が増加し大

量死亡にいたった。死亡は約1週間続き、累積死亡率は約64%となった。この時の水温は21.5℃であった。

死亡魚から抽出したDNAおよびRNAを用い、ビルナウイルス感染症、ウイルス性神経壊死症、ウイルス性出血性敗血症およびアクアレオウイルス感染症のPCR検査を実施したが、すべて陰性であった。

また、RTG-2細胞、EPC細胞およびCHSE細胞を用いウイルス分離をおこなったところRTG-2細胞およびEPC細胞においてCPEがみられた。これらの培養上清は、(2)の再現性試験に用いた。

病理組織観察では、観察した4個体すべてに共通して、腓臓、骨格筋、脳、脾臓に顕著な病変がみられ、消化管に中程度の病変が認められた。腓臓においては、広い範囲にわたり腓細胞が断片化し、正常な腓細胞はほとんどみられなかった(図1-A)。しかし、隣接する肝臓は概ね正常な組織像であった。骨格筋においては、多数の筋線維が広範囲にわたり壊死し(図1-B)、筋原線維が変性して、核濃縮がみられた。また、時折、細胞質に好塩基性を示す構造物がみられたが、炎症性の細胞の出現は少なかった。脳においては、主に小脳体の皮質に断片化したデブリや変性した細胞がみられ、ミクログリアが多数集積し、グリオーシスがみられた(図1-C)。脾臓に疎化が起り、フィブリンの沈着が認められた(図1-D)。

4個体で共通して腓臓、骨格筋、脳、脾臓に顕著な病変が認められ、病変の特徴から、感染症が疑われた。細菌や寄生虫などの病原体が観察されず、既知のウイルス疾病に一致するような病変でもないため、新しいウイルス性疾病の可能性があると考えられた。しかし、今回、観察された病変が一種類の病原体により引き起こされたのか不明であり、感染症以外の要因も否定はできないので、感染試験をした魚の病理組織と比較する必要がある。

表7 種苗生産試験結果

水槽 No.	月日	収容			取り揚げ			
		卵数 (粒)	ふ化仔魚数 (尾)	ふ化率 (%)	日齢	尾数 (尾)	平均全長 (mm)	生残率 (%)
G2	5/1	120,000	145,000	120.8	16	35,005	27.3	24.1

表8 養殖実証試験における測定結果

測定日	測定方法	尾又長(mm)			体重(g)			肥満度		
		A社	B社	C社	A社	B社	C社	A社	B社	C社
7/5	サンプリング	230	248	177	210	275	78.3	17.2	18.1	14.0
	カメラ	234	250	176	235	292	91.6	18.2	18.6	16.4
8/24	死亡魚実測	-	-	277	-	-	332	-	-	15.4
8/31	カメラ	361	377	-	1,007	1,168	-	21.3	21.6	-
10/10	カメラ	404	415	320	1,464	1,600	675	22.2	22.4	20.4
12/13	カメラ	-	442	343	-	1,990	855	-	22.9	20.9

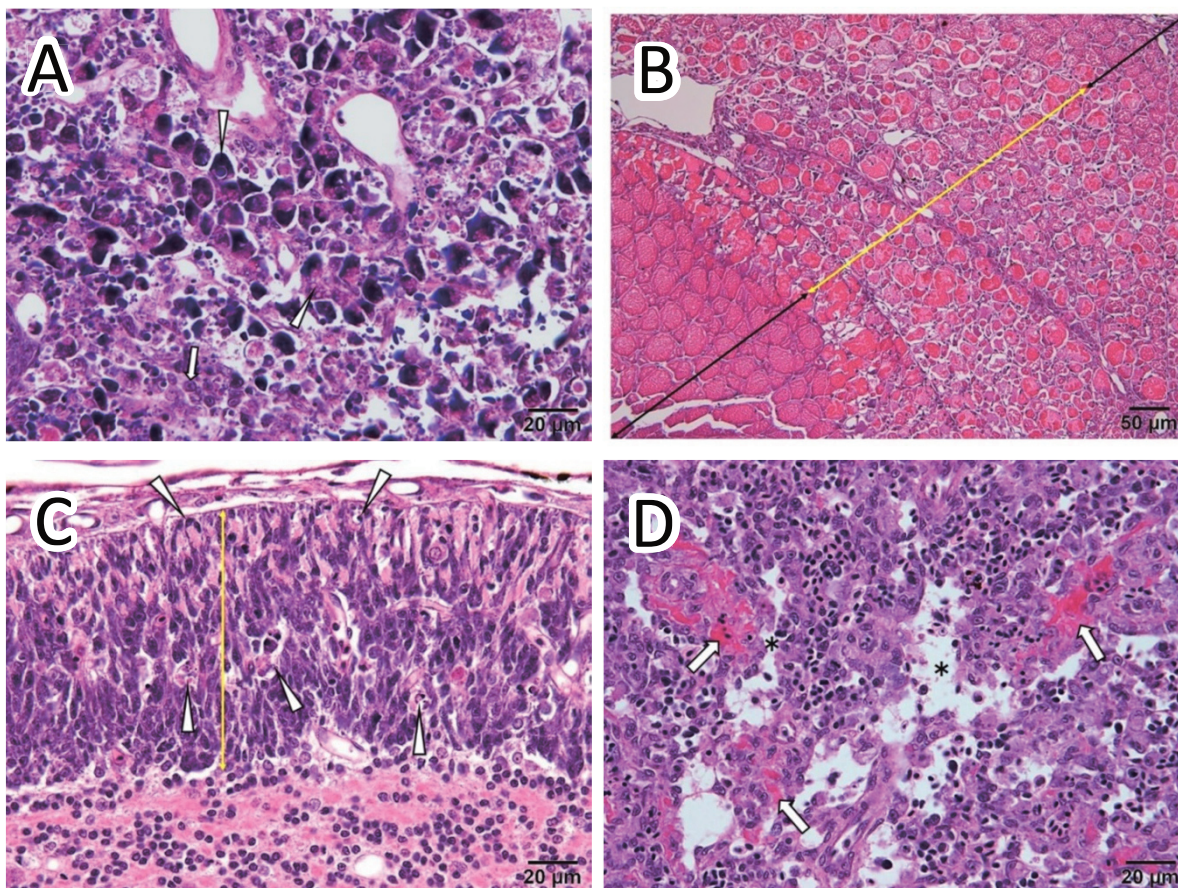


図1 病理組織写真 (HE染色)

- A : 膵臓の病変。膵臓は広範に渡り、変性し、正常な膵細胞はほとんど観察されない。矢頭と矢印はそれぞれ、変性した膵細胞と浸潤細胞を示している。
- B : 骨格筋の組織障害。骨格筋は広範に渡り変性している(黄色の両矢印の領域)。黒の両矢印の領域は概ね正常な骨格筋を示している。
- C : 小脳体に見られたグリオシス。小脳体の皮質(両矢印)に死細胞(矢頭)が散見され、ミクログリアなどの細胞の集積がみられる。
- D : 脾臓の病変。疎化による空隙(*)とフィブリン沈着(矢印)がみられる

(2) 平成28年度および平成29年度に発生した疾病の再現試験

3回の再現試験を実施した(表9)が、試験区で疾病が原因と考えられる死亡はみられず、全ての試験で感染は成立しなかった。感染が成立しなかった原因として、日齢14から与えた餌料のイカナゴが感染源となり、試験開始までに一度この疾病を経験し感染耐過魚となっていることが示唆されたことから、次年度はイカナゴを与えず配合飼料のみを与えたスマを用いた同様の試験を実施する必要がある。

5 出荷技術の開発(愛媛大学委託)

横幅2m水面下1mの開口では、スマは容易に開口部を通過しなかったが、横幅は同じでも水面下開口深度を2mにした結果、容易に移動することが明らかになった。これにより、小型出荷用生簀へ必要量を移送しておくことで、養殖生簀の餌止めをする必要がなくなると考えられた。

また、図2に示す模型を作製した。この方法については、平成30年度に実際の生簀を用いた試験を実施し、改良すべき点を検討していく予定である。

表9 再現試験の条件および結果

試験No.	供試魚体重 (g)	水温 (°C)	接種液		死亡率(%)	
			由来	種類	試験区	対照区
1	2.5	18			0	13
		20	H28死亡魚	培養上清	0	33
		22			7	7
2	10.5	21	H28死亡魚	培養上清	0	0
			H28死亡魚	内臓磨砕液	13	
			H29死亡魚	内臓磨砕液	7	
3	6.9	21	H28死亡魚	培養上清	7	27
			H29死亡魚	培養上清	27	



図2 水揚げ用生簀模型

スマ育種完全養殖システム開発事業

(革新的技術開発・緊急展開事業 (うち地域プロジェクト))

中島 兼太郎・眞鍋 諒太郎・山下 浩史・佐々木 進一

目 的

愛媛県の西南部に位置する宇和海沿岸は、日本有数の養殖産地である。しかし、マダイ、ブリに見られる価格の不安定化や赤潮などの問題に加え、人気の高まるクロマグロにおいても人工種苗の不足などから、養殖業の低迷が続いている。そのため、商品価値の高い新たな魚種の養殖、とりわけ新規マグロ類「スマ」を対象として、最新技術水準の完全養殖システムを樹立する。本研究課題は、国立大学法人愛媛大学、鹿児島大学および国立開発法人水産研究・教育機構と共同で実施する。

当センターでは、スマ養殖の産業化のためには種苗の大量生産技術の開発が必須であり、現在、技術上のボトルネックとなっている餌料として用いる魚類孵化仔魚の削減・廃止を目指すため、「1 孵化仔魚利用を低減・最適化した大量種苗生産技術開発」および、種苗量産化技術を最適化するため、「2 種苗生産期・稚魚育成期の減耗防除技術および飼育技術最適化」の2課題を実施する。

方 法

1 孵化仔魚利用を低減・最適化した大量種苗生産技術開発

(1) 飼育方法

当センターで養成したスマ親魚から得られた受精卵を角型コンクリート水槽1面(容量8.6kL)に15,000粒收容した。また、同様に当センターで養成したイサキ親魚から得られた受精卵を角型コンクリート水槽3面(容量3.8kL)にそれぞれ40,000粒を收容した。

飼育水温はスマ仔魚では25℃の1試験区、イサキ仔魚では20℃、22℃、25℃の3試験区を設けた。イサキ卵收容時の水温を22℃に設定し、その後1.0℃/日ずつ加温または冷却して各水温に設定した。スマ仔魚の浮上死防止を目的として、孵化日にフィードオイル(ハイカロールE、兼松新東亜食品株式会社)2mLを温水で25倍希釈してから飼育水中に添加した。また、スマ仔魚では日齢2から17、イサキ仔魚では日齢2から27まで濃縮クロレラ(スーパー生クロレラV12、クロレラ工業)50~100mLを飼育水中に添加した。

(2) 飼餌料

1) スマ仔魚

日齢2から11まで飼育水中のワムシ密度が5個体/mL、日齢12以降は10~25個体/mLとなるように1日1回給餌した。ワムシの栄養強化は、スーパー生クロレ

ラV12(クロレラ工業株式会社)およびタウリンで18時間、DHA藻類(ハイパーグロス、マリンテック)で4時間おこなった。また、日齢8から18までマダイ孵化仔魚を卵重量で20g~1,000g給餌した。

2) イサキ仔魚

日齢2から11まで飼育水中のワムシ密度が10個体/mL、日齢11以降は20個体/mL、15日齢以降は30個体/mL、日齢16以降は40個体/mLになるように1日1回給餌した。ワムシの栄養強化はスマ仔魚で給餌したワムシと同様の方法とした。サンプリング時に全長10mmを超えた翌日から冷凍コペポダ(チャイコペ、太平洋貿易)を1日10g~75g給餌した。また、全長15mmを超えた翌日から配合飼料(おとひめB2、日清丸紅飼料)を1日5g~16g給餌した。

(3) 測定項目

1) 仔魚の成長、生残

スマ仔魚の成長を調べるため、日齢1から2日おきに飼育水槽から20尾をサンプリングした。m-アミノ安息香酸エチルメタンスルホネート(MS-222、SIGMA-ALDRICH)で麻酔後、実体顕微鏡下で顕微鏡用デジタルカメラにより撮影し、仔魚の全長、体高、上顎長を測定した。また、上顎長より代田(1970)¹⁾の方法に従って開口角を90°として、口径を算出した。生残尾数は、日齢1と3において直径40mmの塩化ビニルパイプを用いて水槽内5定点より夜間柱状サンプリングをおこない、容積法により推定した。日齢19に取揚げをおこない、実数計数により生残尾数を求めた。

イサキは孵化直後と日齢3からは2日おきに各飼育水槽から20尾の仔魚をサンプリングし、MS-222で麻酔後、万能投影機でデジタルノギスを用いて仔魚の全長、体高を測定した。生残尾数は、日齢1と3においてスマと同様の方法を用いて各水槽内3定点からサンプリングし、容積法により推定した。日齢29に取揚げをおこない、イサキの20℃区と22℃区は重量法、25℃区は実数計数により生残尾数を求めた。

2) スマ仔魚の口径とイサキ仔魚の体高の関係

スマ仔魚の口径とイサキ仔魚の体高を用いて、イサキ孵化仔魚を摂餌可能なスマ仔魚の日齢を推定した。また、種苗量産においてスマ仔魚が日齢13以降になると孵化仔魚餌料が不足するため、日齢13のスマ仔魚が、摂餌可能なイサキ仔魚の日齢をイサキの飼育水温毎に推定した。代田(1970)¹⁾に従い、平均の摂餌開口率を口径の75%とみなして、イサキ仔魚の体高がスマ仔魚の口径の75%以下ならスマが摂餌可能であるとした。

2 種苗生産期・稚魚育成期の減耗防除技術および飼育技術最適化

500Lパンライト4水槽を使用しスマ受精卵を3水槽にそれぞれ1,000粒(①~③)、1水槽に5,000粒収容して種苗生産試験を実施した。飼育水温は26℃となるようにウォーターバスで調整した。餌料系列は表1のとおりとした。日齢13から取揚げまで毎日、死亡数を計数した。①②は日齢18、③④は日齢16で取揚げ、生残尾数を計数した。

①②では、取揚げ尾数と死亡数から日齢15における生残尾数を推定し、それまでに給餌したマダイ仔魚から日齢15におけるスマ1尾を生産するために必要な受精卵数を算出した。また、同様に③④では日齢16スマ1尾を生産するために必要な受精卵数を算出した。

表1 餌料系列 (日齢)

水槽No.	ワムシ	マダイ 孵化仔魚	イカナゴシラス
①			13~
②	2~10	8~	16~
③			-
④			-

表2 種苗生産結果

試験区	卵数	孵化尾数	日齢3尾数	取揚げ		
				尾数	生残率	
水温	(粒)	(尾)	(尾)	(尾)	(mm)	(%)
スマ 25℃	15,000	12,500	2,800	478	37.4	7.8
イサキ 20℃	40,000	25,000	20,000	14,914	11.0	0.1
イサキ 22℃	40,000	33,000	23,000	12,073	13.4	0.1
イサキ 25℃	40,000	33,000	33,000	7,118	20.0	0.3

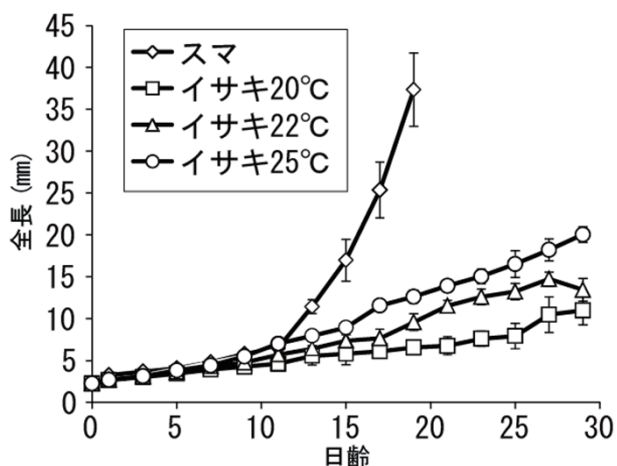


図1 スマとイサキの成長

結果および考察

1 孵化仔魚利用を低減・最適化した大量種苗生産技術開発

(1) 水温経過

各試験区の実測水温は、実験期間を通してスマが $24.88 \pm 0.21^\circ\text{C}$ であった。イサキの20℃区は収容時の水温が 21.8°C で、日齢3以降 $19.97 \pm 0.36^\circ\text{C}$ であった。22℃区は収容時の水温が 21.8°C で、日齢3以降 $22.33 \pm 0.24^\circ\text{C}$ であった。25℃区は収容時の水温が 21.3°C で、日齢3以降 $24.74 \pm 0.26^\circ\text{C}$ であった。

(2) 種苗生産結果

スマ仔魚とイサキ仔魚の各試験区における種苗生産結果を表2に示した。どの試験区も日齢3時点の生残尾数は急減した。取揚げ尾数において、スマは478尾(生残率3.8%)、イサキ20℃区は14,914尾(59.7%)、イサキ22℃区は12,073尾(36.6%)、イサキ25℃区は7,118尾(21.6%)であった。

(3) 仔魚の成長、生残

各試験区における成長結果を図1に示した。スマ仔魚の日齢1における平均全長は $3.24 \pm 0.13\text{mm}$ であり、日齢11では $6.48 \pm 0.66\text{mm}$ に達し、それ以降は急激に成長して日齢19では $37.35 \pm 4.38\text{mm}$ に達した。イサキ仔魚の孵化直後における平均全長は $2.25 \pm 0.14\text{mm}$ であった。取揚げ時のイサキ仔魚の全長は20℃区において $10.99 \pm 0.94\text{mm}$ に達した。22℃区は $13.43 \pm 1.35\text{mm}$ 、25℃区は $20.05 \pm 1.74\text{mm}$ に達した。イサキ仔魚は水温が高いほど速く成長した。

スマ仔魚の口径とイサキ仔魚の各試験区における体高の成長を図2に示した。スマ仔魚の口径は日齢3が $0.64 \pm 0.31\text{mm}$ であった。その後日齢11まで緩やかに成長し、 $1.92 \pm 0.31\text{mm}$ であった。日齢11以降は急激に成長し、取揚げ時の日齢19は $8.20 \pm 0.68\text{mm}$ に達した。イサキ孵化仔魚の体高は $0.77 \pm 0.10\text{mm}$ であった。水温が最も高い25℃区においてイサキ仔魚の体高は取揚げ時に $4.15 \pm 0.41\text{mm}$ に達した。22℃区においてイ

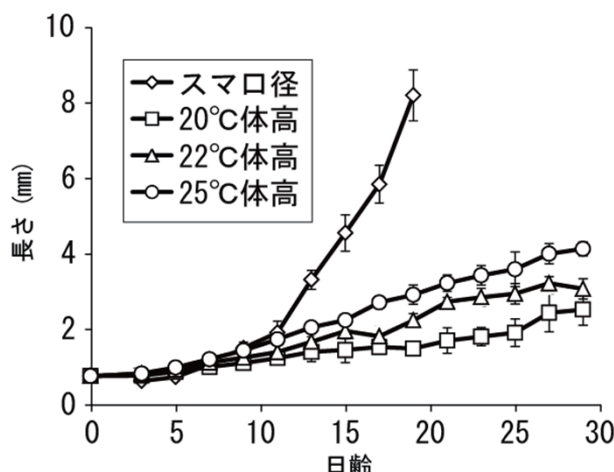


図2 スマの口径とイサキの体高の成長

サキ仔魚の体高は取揚げ時に $3.08 \pm 0.27\text{mm}$ に達した。20℃区においてイサキ仔魚の体高は取揚げ時に $2.53 \pm 0.19\text{mm}$ に達した。

(4) スマ仔魚の口径とイサキ仔魚の体高の関係

スマ仔魚の口径とイサキ孵化仔魚の体高の比率が75%以下になるそれぞれの日齢を図3に示した。イサキ孵化仔魚の体高がスマ仔魚の口径の75%以下になるのは、スマ仔魚が日齢7(平均全長 4.77mm)に達した時であった。イサキ仔魚の体高が日齢13のスマ仔魚の口径の75%以下の体高になるのは、20℃区においては27日齢(平均全長 10.47mm)以下であった。22℃区は19日齢(平均全長 9.57mm)以下、25℃区は15日齢(平均全長 8.93mm)以下であった。

(5) まとめ

以上の結果から、イサキは水温20～25℃の範囲では高水温ほど高成長であることが明らかとなった。取揚げ時のイサキ仔魚の全長は20℃区において $10.99 \pm 0.94\text{mm}$ であった。22℃区は $13.43 \pm 1.35\text{mm}$ 、25℃区は $20.05 \pm 1.74\text{mm}$ であった。また、スマ仔魚の口径とイサキ仔魚の体高を比較した結果、スマが日齢7に達するとイサキ孵化仔魚を摂餌可能であること、スマが日齢13に達すると全長 10mm のイサキ大型仔魚を摂餌可能であることが示唆された。

2 種苗生産期・稚魚育成期の減耗防除技術および飼育技術最適化

生産結果を表3に示した。④は密度過多が原因と考えられる共食いが発生し生残率が低かったことから、種苗生産開始時のスマ受精卵の収容密度は $5,000\text{粒/トン}$ では多いと判断された。また、④を除くと取揚げ時の全長が小さいほど生残率が高い傾向がみられた。

日齢15における①および②の生残尾数は、①138尾、

②158尾と推定され、1尾を生産するのに必要な受精卵数は① 2.5g 、② 3.7g であった。また、同様に日齢16における受精卵の必要数は③ 3.1g 、④ 2.8g であった。④は共食いによって死亡した個体が多く、生残率が低かったため、これを除外して①～③のデータを用いて全長 $x(\text{mm})$ のスマ1尾を生産するために必要なマダイの受精卵量 $y(\text{g})$ を計算すると、 $y=0.257x-5.1093$ ($R=0.998$ 、 $P=0.0383$)であらわされた。

以上の結果と本年度実施した伊予の媛貴海養殖安定化技術開発の1種苗量産技術高度化試験の結果をあわせると、全長 26mm 頃に取揚げ選別を実施し、イカナゴシラスのミンチに餌付けることで、必要な餌料用受精卵の数が少なく、かつ高い生残が得られることが明らかとなった。なお、上記の式から全長 26mm のスマ1尾を生産するために必要なマダイ受精卵は 1.6g と推定された。

参考文献

- 1) 代田昭彦(1970)魚類稚仔魚の口径に関する研究 日水誌、36、353-368.

表3 種苗生産試験結果

水槽 No.	収容卵数 (粒)	取揚げ			
		日齢	尾数 (尾)	平均全長 (mm)	生残率 (%)
①	1,000	18	91	39.6	9.1
②			88	39.0	8.8
③	5,000	16	161	31.8	16.1
④			165	27.3	3.3

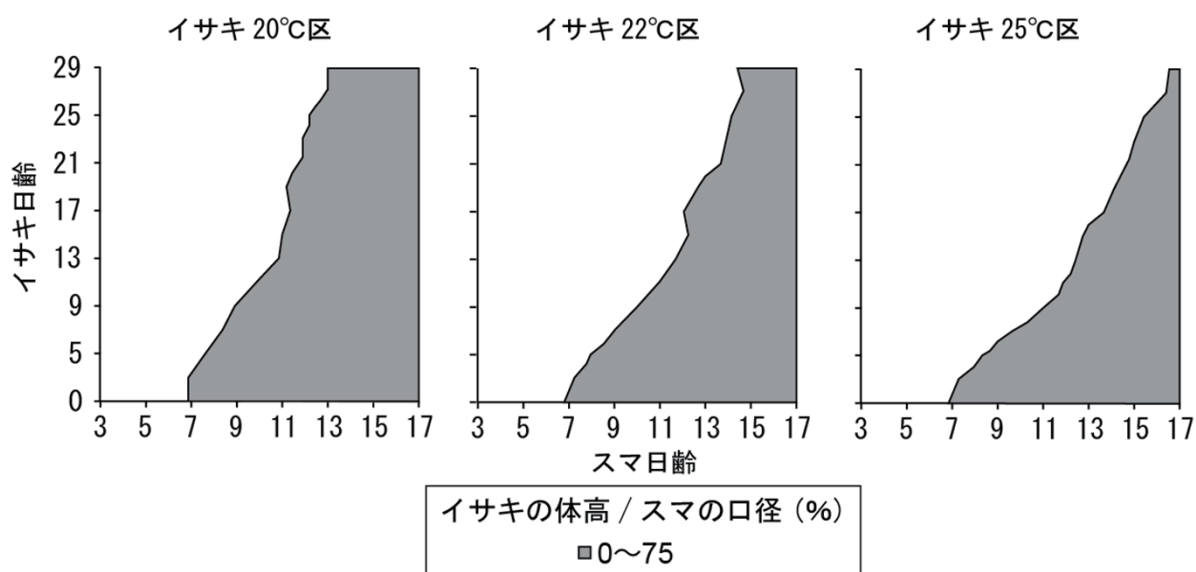


図3 スマの口径と各飼育水温におけるイサキの体高の関係

えひめ産養殖クロマグロ競争力向上事業

眞鍋 諒太郎・中島 兼太郎・佐々木 進一・山下 浩史

目 的

クロマグロは国内外で非常に人気の高い魚であり、世界中の海域で乱獲されることにより天然資源が減少している。このため、養殖事業が脚光を浴び、愛媛県のクロマグロ養殖も本格化している。しかし、愛媛県内のクロマグロ養殖は愛南町で平成17年から取り組まれたばかりであり、飼育から流通までの工程において技術的に解決しなければならない課題が数多く残っている。本事業では特に①幼魚の歩留まりの低さ、②出荷時の「ヤケ肉」の発生という2つの課題に着目し、養殖にかかる支援器具や技術の実用化に取り組み、県内ものづくり企業における養殖産業支援事業を創出し、愛媛養殖産クロマグロの競争力向上を図ることを目的とする。

本研究では、マグロ幼魚の「衝突死」防止技術の開発として(1)マグロ幼魚の視覚解析と(2)視覚と衝突の相関を利用した「衝突死」防止対策の検討に取り組んだ。

方 法

1 マグロ幼魚の視覚解析

スマ、クロマグロをそれぞれ5尾ずつ生きたまま産業技術研究所に輸送し、スマ及びマグロの網膜に電極を刺して網膜電位を測定し、色彩視覚の有無について調査した。

2 視覚と衝突の相関を利用した「衝突死」防止対策の検討

水産研究センターの陸上水槽(容量40kL)に①LED照明システム区画(水中に設置したLEDにより様々な色彩を照射)、②バブリングシステム区画(水槽壁面に設置した特殊ゴムにより気泡幕を発生)、③対照区画を設置し、各水槽に水産研究センターで種苗生産したスマを35尾ずつ収容し、ビデオカメラによる観察をおこなった。

結果および考察

1 マグロ幼魚の視覚解析

スマは赤色、黄色、青緑色の三色それぞれに色彩反応を確認できたが、赤色に対する反応は弱かった。マグロは青緑色反応が強く、赤色の色彩に近づくとつれて反応が弱くなった。スマ、マグロともに青色に近い青緑色に強く反応した。

2 視覚と衝突の相関を利用した「衝突死」防止対策の検討

生残率は対照区に対してLED区画は同等であり、バブリングは10%向上した。LED光が強いとストレス状態となり斃死率が上昇することが明らかとなった。また、スマでは忌避色(赤色)があることが判明した。

本研究の結果から、スマ、マグロともに青色に近い青緑色に強く反応する事、さらにスマでは赤色を避けることが明らかとなった。今後はマグロでも同様の忌避色があるか試験をおこない、忌避色を効果的に活用する衝突防止技術の開発をおこなっていく。

低魚粉飼料によるブリ及びマダイの養殖実証試験

(養殖魚安定生産・供給技術開発委託事業)

山下 浩史・中島 兼太郎・眞鍋 諒太郎・佐々木 進一

目 的

養魚用飼料の主原料である魚粉は、国内消費のうち90%以上を南米産に依存しており、近年の国際相場の上昇により高騰し、飼料コストの増大を招いているため、魚粉の配合率を低減させた飼料開発をおこなうことにより、魚類養殖における生産コストのうち、6~7割を占める飼料コストを抑制することを目的とする。

本年度は、試験対象種をブリおよびマダイとし、養殖現場における実証試験を実施する。併せて、魚粉削減飼料給餌下において高成長を示すマダイ個体を3世代にわたり選抜した愛媛F3の有効性を確認するため、当センター地先の海面小割生簀で飼育試験を実施した。

宇和島市戸島地区の養殖業者が保有する縦10m×横10m×深さ8mの金網生簀2台(試験区3,600尾、対照区3,200尾)に養成されていた、由来が同一のブリ1歳魚を試験に用いた。それぞれの生簀に8月30日から12月12日まで試験飼料を給餌し、定期的に体重測定をおこなうながら飼育した。試験生簀の魚病発生状況について、飼育を担当する養殖業者から適宜、聞き取り調査を実施するとともに、同地区の周辺の魚病発生状況についても調査した。12月12日に試験区および対照区より各5尾をサンプリングし、両区の外部所見および解剖所見を得るとともに、背側筋、腹側筋および肝臓の成分分析を定法により行った。併せて、採血をおこない血液検査を実施した。

I ブリ養殖実証試験

方 法

試験飼料は、表1に示す配合組成に従い作製し、対照区には対照飼料(飼料番号1)を、試験区には飼料番号2(夏期用)および飼料番号3(冬期用)を給餌した。飼料番号1は通期とし、飼料番号2は8月30日から11月13日まで、それ以降は飼料番号3を給餌した。愛媛県

結 果

養殖場3m層の水温は、試験開始時の8月30日の25.1℃から12月12日には18.2℃にかけて、段階的に低下した。試験区の摂餌行動は、給餌当初は対照区と比較し若干低調であったが、約1週間で同様の活発さを示すようになった。試験開始時の平均魚体重は試験区が3,366g、対照区が3,536gであった。試験終了時の平均

表1 試験飼料組成

原料	飼料番号					
	1	2	3	4	5	6
アンチョビミール	50.0	30.0	30.0	0.0	20.0	20.0
大豆油粕	3.0	11.0	6.0	13.0	16.0	16.0
コーングルテンミール	3.0	16.0	16.0	13.0	19.0	19.0
チキンミール	0.0	5.0	5.0	25.0	10.0	10.0
フェザーミール		3.0	3.0	10.0	3.0	3.0
小麦粉	10.0	3.0	3.0	3.3	7.0	7.0
脱脂米糠	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
タピオカデンプン	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
魚油	18.0	14.0	23.5	19.5	8.0	12.0
パーム油	0.0	4.5	0.0	0.0	4.0	0.0
ビタミン混合	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
無機質混合	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0
アミプラスZn		+	+	+	+	+
リン酸カルシウム	0.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5
アミノ酸(リジン1、メチオニン0.5、トロン0.5、トリプトファン0.2)		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
タウリン(合成)		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
カツオペプチド		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
SSF 酵素混合(麹発酵物)液		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
アスタキサンチン(ppm)					40.0	40.0

魚体重は、試験区が5,355g、対照区が5,854gであった(図1)。肥満度の推移を図2に示す。試験開始時に17前後であった肥満度が、対照区においては11月以降19.5~19.8に上昇したのに対し、試験区では12月の段階で18.5と対照区と比較し低かった。試験開始時から試験終了時までの飼育成績の概要を表2に示す。増肉係数は、試験区が2.55と対照区の2.19と比較し0.36ポイント低かった。試験期間中の累積死亡率は、試験区が2.9%、対照区が2.0%で、両区とも3%以下であり同地区の他の死亡率と比較しても特に問題ないと考えられた。死亡原因はランスフィールドC群のレンサ球菌症

が大半であり、試験区の累積死亡率が対照区と比較し0.9%高い結果は、飼料中の魚粉削減が起因する魚病発生とは関連がないと考えられた。また血液検査に違いは見られなかったことから、健康状態は良好であったと考えられた。

試験終了時の両区の外観所見および解剖所見に差異は見られなかった。魚粉削減飼料による飼育において散見される肝臓の緑化(ヘム代謝異常に起因する緑肝症状)も観察されなかった。筋肉および肝臓の成分分析結果を表3に示す。筋肉においては背側筋および腹側筋の成分分析値に差異はなく、製品としての身質に問題はないと考えられた。また、出荷後の聞き取り調査においても品質に関するクレームなどは一切なく、低魚粉飼料で飼育したブリは十分に市場流通すると考えられた。

以上の結果から、魚粉配合率を30%に低減させた試験飼料においても魚粉配合率50%の対照区と同レベルの飼育・出荷が可能であることが示されたが、増肉係数が0.36ポイント上回る結果となり、今回の試験飼料では、十分な飼料コスト削減効果は得られないと判

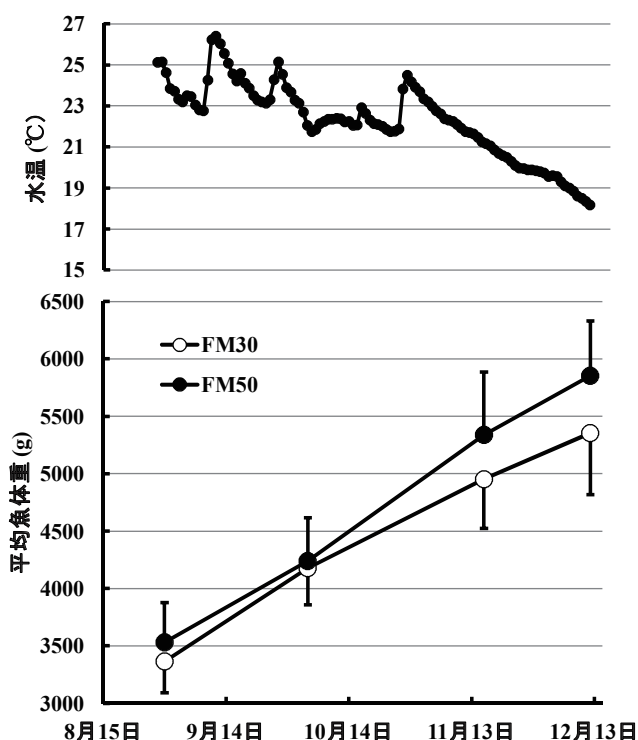


図1 漁場水温および平均魚体重の推移

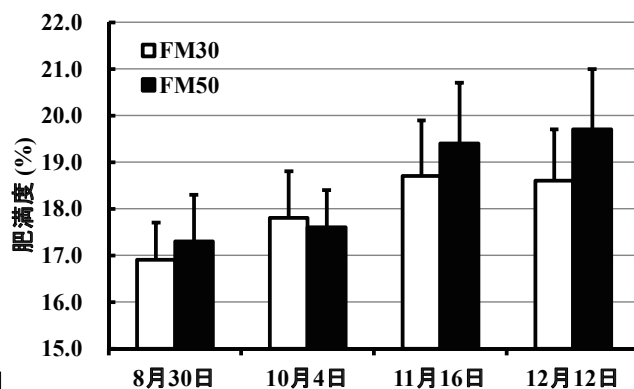


図2 試験期間中の肥満度の推移

表2 ブリ養殖実証試験における飼育成績 (2017/8/30~2017/12/12 水温18.2~26.4°C)

	尾数	平均魚体重(g)		増重量 (g)	増肉係数	日間給餌率 (%)	死亡率 (%)
		開始時	終了時				
低魚粉 (FM30)	3600	3366 ± 276	5355 ± 537	1989	2.55	1.11	2.9
対照 (FM50)	3200	3536 ± 349	5854 ± 476	2318	2.19	1.03	2.0

表3 ブリ養殖実証試験終了時の背側筋、腹側筋および肝臓の成分分析値

	背側筋 (%)		腹側筋		肝臓	
	低魚粉	通常	低魚粉	通常	低魚粉	通常
水分	56.7 ± 2.9	55.4 ± 3.2	52.6 ± 3.5	49.6 ± 3.1	52.0 ± 2.0	50.2 ± 3.3
粗タンパク質	20.3 ± 0.5	19.5 ± 0.9	19.2 ± 0.9	18.1 ± 1.0	12.1 ± 0.6	10.8 ± 0.7
粗脂肪	21.3 ± 2.8	22.7 ± 3.6	25.6 ± 3.8	29.5 ± 4.1	26.4 ± 2.5	29.1 ± 4.8
粗灰分	1.4 ± 0.1	1.3 ± 0.0	1.4 ± 0.1	1.3 ± 0.1	1.0 ± 0.1	1.0 ± 0.1
グリコーゲン	NT	NT	NT	NT	3.9 ± 1.1	4.3 ± 0.8

平均値 ± 標準偏差 (n=5)

NT: not tested

断された。しかしながら、試験区の生簀は対照区と比較し11.3%多くの尾数のブリが包容されており、収容密度の差が、飼育成績に影響を与えている可能性は否定できない。この差は、生簀ごと順番に出荷していくブリの出荷手法によるものであるためなくすことは難しい。養殖業者の所感においては、今回程度の成長差は、同様の飼料を給餌しても見られるものであり、低魚粉飼料は十分に実用的であるとコメントされた。

II ブリ無魚粉飼育試験

方 法

試験飼料には、飼料番号4(表1)を給餌した。対照区には市販飼料(おいかぜ14号：日清丸紅飼料社製)を給餌した。当センター地先の5m×5m×5mの金網小割生簀2面に由来が同一のブリ2歳魚を試験区に61尾および対照区に62尾を収容し、9月4日から12月6日まで試験を実施した。また、供試個体すべてにピットタグを装着し、個体別の増体重を把握できるようにした。それぞれの小割に試験飼料および対照飼料を1日1回、週5日飽食給餌し、定期的に体重測定をおこないながら飼育した。なお、11月9日の測定結果から、それまでの個体別増体重を算出し、両試験区から増体重上位10尾および下位10尾を取出し、種苗生産用の親魚とした。12月6日に試験区および対照区より各5尾をサンプリングし、両区の外部所見および解剖所見を得るとともに、背側筋、腹側筋および肝臓の成分分析を定法により行った。併せて、血液検査を実施した。

結 果

2m層における地先水温は、試験開始時の9月4日の27.2℃から12月6日には18.6℃にかけて、段階的に低下した。試験区の摂餌行動は、対照区と比較すると低調であり、飽食までに要する給餌時間は、1.5~2倍程度長かったが、日間給餌率に関しては試験区が1.53、対照区が1.61であり給餌時間を十分に取ることによってほぼ同等の摂餌量が確保された。試験開始時の平均魚体重は試験区が3,223g、対照区が3,218gであった。試験終了時の平均魚体重は、試験区が4,283g、対照区が4,902gであり、試験区では特に飼育当初の魚体重の増加が低かった(図3)。尾叉長の推移を図4、肥満度の推移を図5に示す。試験開始時に17.3であった肥満度が、対照区においては20.4に上昇したのに対し、試験区では12月の段階で18.4と対照区と比較し有意($p < 0.05$)に低かった。尾叉長の推移は、両区にほとんど差は見られなかったことから、肥満度の差が魚体重に強く反映していると考えられた。試験開始時から試験終了時までの飼育成績の概要を表4に示す。増肉係数は、試験区が4.87と対照区の3.35と比較し1.5ポイントほど高かった。また、試験期間中に死亡は見られなかった。試験終了時の両区の外観所見および解剖所見に差異は見られなかった。魚粉削減飼料による飼育に

おいて散見される肝臓の緑化(ヘム代謝異常に起因する緑肝症状)も観察されなかった。これは、タウリンの添加効果であると考えられた。血液性状ならびに血漿生化学性状の分析結果を表5 および表6に示す。無魚粉飼料区の血液性状は、血球数およびヘモグロビン含量が対照と比較し低かった。血漿生化学性状は、総コレステロールおよびトリグリセリドといった脂肪に関連する項目が低い値を示した。筋肉および肝臓の成分分析結果を表7に示す。筋肉においては背側筋および腹側筋の成分分析値、特に粗脂肪含量が対照区と比較して有意に低かった。また、肝臓においても同様の傾向であった。以上の結果から、無魚粉飼料区では摂餌量は対照区と比較し大差ないものの、その栄養蓄積の差は大きく、飢餓状態に近いことが示唆された。また、脂肪吸収に重要な胆汁酸の濃度を測定したところ、両区に差は見られなかった。これらのことから、今後の無魚粉飼料の高度化に関しては、特に脂肪の蓄積に関して代謝からアプローチする必要があると思われる。

無魚粉飼料による飼育2ヶ月目の11月9日に測定した個体別増重量の分布を図6に示す。無魚粉飼料給餌においても、個体によっては大きく成長する個体が確認された。試験魚の由来はすべて同一時期に採捕された天然モジャコである。このことは、無魚粉飼料を給餌する条件下においてこのような個体を選抜することにより、魚粉代替飼料に適応した親魚を選抜できる可能性を強く示唆するものと考えられた。次年度以降、これら増体重上位群を親魚に用いて種苗生産し、これらの家系の低魚粉飼料における飼育特性を検討する必要がある。

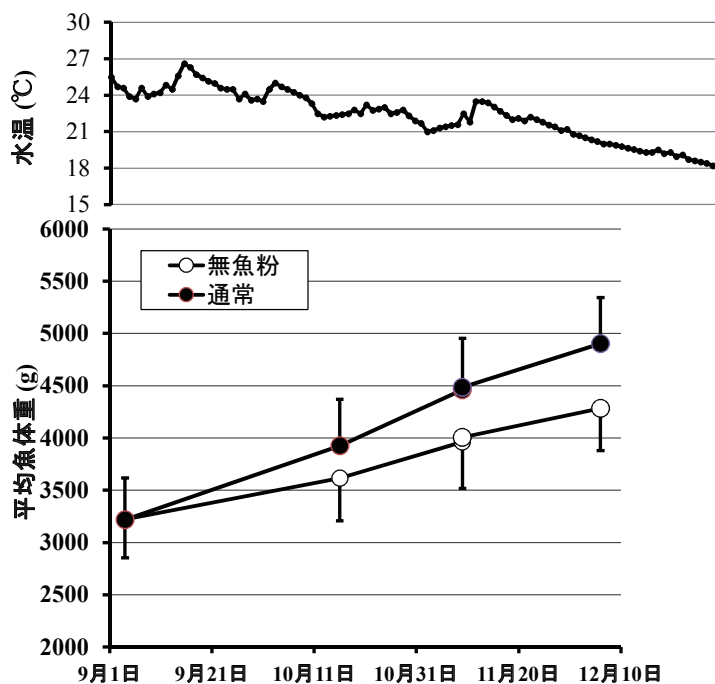


図3 ブリ無魚粉試験 平均魚体重の推移

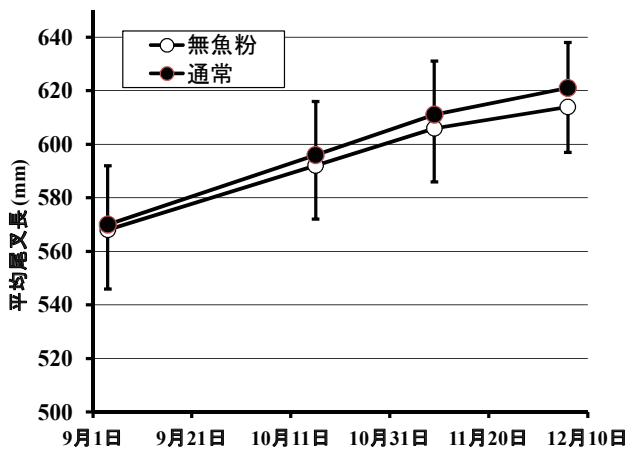


図4 ブリ無魚粉飼育試験 尾叉長の推移

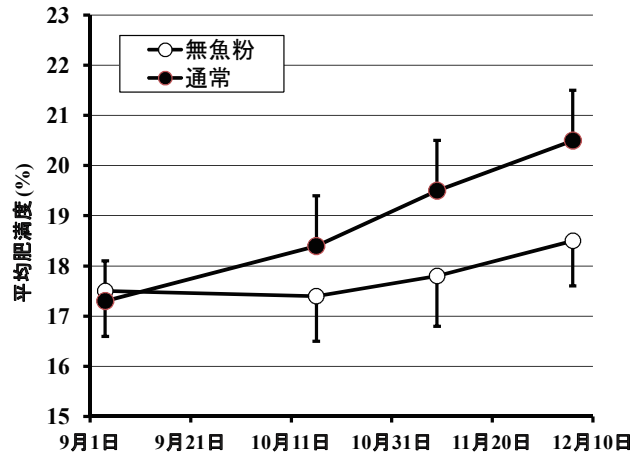


図5 ブリ無魚粉飼育試験 肥満度の推移

表4 ブリ無魚粉飼育試験における飼育成績 (2017/9/4~2017/12/6 水温18.6~27.2℃)

	尾数	平均魚体重(g)		増重量 (g)	増肉 係数	日間 給餌率 (%)	死亡率 (%)
		開始時	終了時				
無魚粉飼料区	61	3,223±368	4,283±403	1,060	4.87	1.53	0.0
通常飼料区	62	3,218±399	4,902±441	1,684	3.35	1.61	0.0

表5 ブリ無魚粉飼育試験終了時の血液性状および比肝臓重量

	赤血球数 ($\times 10^4/\text{mm}^3$)	ヘモグロビン 含量 (g/100mL)	ヘマトクリット値 (%)	比肝臓重量 (%)
無魚粉飼料区	4.12±0.31	15.4±2.6	56.0±6.7	0.92±0.11*
通常飼料区	4.44±0.15	18.4±0.4	60.0±1.5	1.17±0.11

平均値±標準偏差(n=5)

アスタリスクは両区間の有意差 ($p < 0.05$ by Welch's T-test) を示す。

表6 ブリ無魚粉飼育試験終了時の血漿生化学性状

	総タンパク (g/100mL)	アルブミン (g/100mL)	グルコース (mg/100mL)	尿素窒素 (mg/100mL)	カルシウム (mg/100mL)	総コレステロール (mg/100mL)	トリグリセリド (mg/100mL)	尿酸 (mg/100mL)
無魚粉飼料区	4.3±1.0	1.8±0.8	97.4±11.9	7.0±2.7	14.2±0.6	320±32*	110±25	1.2±1.8
通常飼料区	4.2±0.3	1.4±0.1	91.8±17.2	7.8±1.6	13.5±1.3	400±0	178±71	0.5±0.1

平均値±標準偏差(n=5)

アスタリスクは両区間の有意差 ($p < 0.05$ by Welch's T-test) を示す。

表7 ブリ無魚粉飼育試験終了時の背側筋、腹側筋および肝臓の成分分析値

	背側筋		腹側筋		肝臓		
	(%)	無魚粉	通常	無魚粉	通常	無魚粉	通常
水分		65.5±1.4*	59.1±2.8	61.1±2.8*	52.1±2.3	64.3±3.4*	52.0±2.5
粗タンパク質		22.6±0.4*	21.0±0.3	21.1±0.4*	19.6±0.5	16.0±1.2*	13.4±1.0
粗脂肪		10.4±1.9*	17.7±2.0	14.5±2.5*	22.8±2.0	13.1±4.1*	27.8±3.8
粗灰分		1.4±0.1	1.4±0.1	1.6±0.1*	1.4±0.0	1.3±0.1*	1.1±0.1
グリコーゲン		NT	NT	NT	NT	1.2±0.9	0.7±0.3

平均値±標準偏差(n=5)

アスタリスクは両区間の有意差 (p<0.05 by Welch's T-test) を示す。

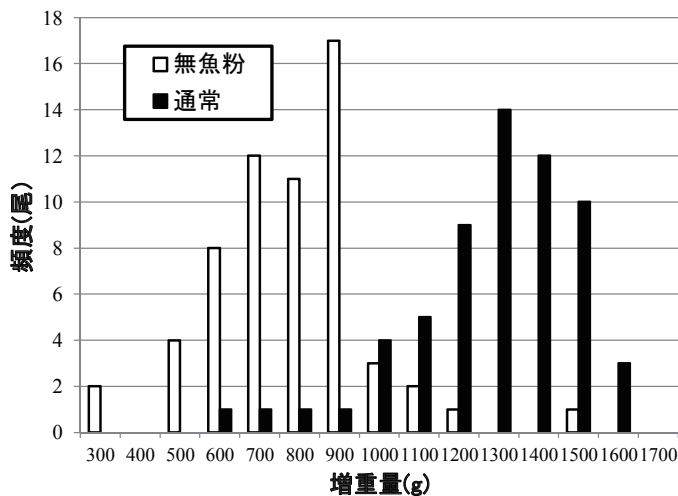


図6 ブリ無魚粉飼育試験 増体重の頻度分布

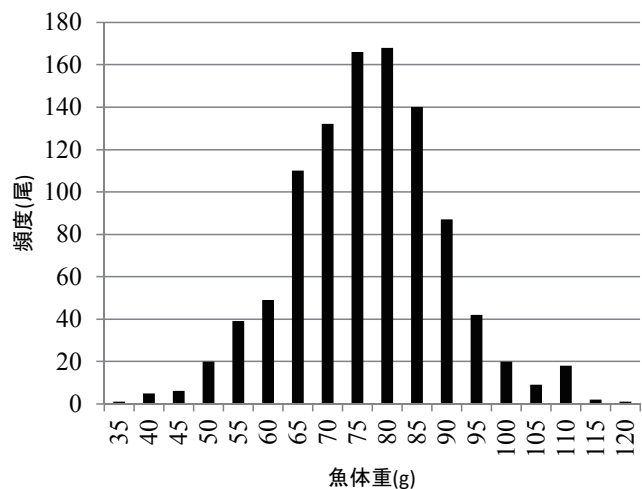


図7 モジャコ低魚粉選抜飼育後の魚体重分布

III モジャコ期の低魚粉選抜の有効性

方法

1 天然モジャコ低魚粉選抜

5月2日にモジャコ採捕業者より購入したブリ0歳魚(平均魚体重0.55g) 1,000尾を8.6t角形コンクリート水槽に収容し、6月22日までサイズに合わせて市販のEP飼料(ピアゴールド0、1、2 および3号:日清丸紅飼料株式会社製)を給餌しながら飼育した。6月22日に、当センター地先の海面小割生簀2面(3m×3m×3m:ポリ)に収容した。収容時の平均魚体重は17.3gであった。6月23日から7月15日までモジャコ用低魚粉飼料4号(日清丸紅飼料株式会社製:魚粉含有率30%)を1日2回、週7日飽食給餌しながら飼育した。飼育終了時に全個体の魚体重を測定し、91g以上の個体を大グループ、81~90gの個体を中および80g以下の個体を小グループとして選別した。

2 クロス飼育試験

試験飼料は、表1に示す配合組成に従い作製し、低魚粉飼料区には飼料番号1(8mm)を給餌した。対照区には市販飼料(なみかぜ8号:日新丸紅飼料社製)を給

餌した。当センター地先の海面小割生簀(3m×3m×3m)に①で選別した大および中のブリ0歳魚を40尾ずつそれぞれ4面に収容した。併せて、同年に当センターで人工生産したブリ0歳魚も40尾ずつ4面に収容した。それぞれのブリ系統(人工ブリ、選抜大グループ、選抜小グループ)のうち2小割に低魚粉試験飼料、残りの2小割に対照の市販飼料を給餌した。1日1回、週6回飽食給餌しながら、8月29日から翌1月4日まで月1回測定しながら飼育した。また、適宜ハダムシ防除を目的として淡水浴および網替えを実施した。

結果

1 天然モジャコ低魚粉選抜

選抜試験に用いた天然モジャコの平均魚体重は、試験開始時の17.3gから試験終了時は79.0gに成長した。個体別魚体重の頻度分布を図7に示す。魚体重の頻度分布はほぼ正規分布であった。選抜の結果、選抜大グループが162尾、選抜中グループが308尾および小が528尾抽出された。試験期間中の増肉係数は1.62であった。

2 クロス飼育試験

地先水温および平均魚体重の推移を図8に示す。2m層における地先水温は、試験開始時の8月29日の27.3℃から翌1月4日には15.0℃にかけて若干の上下はあるものの、段階的に低下した。低魚粉飼料区および対照飼料区の摂餌行動に差は見られなかった。試験開始時の平均魚体重は人工ブリが283g、天然モジャコから選抜した中グループが311gおよび天然モジャコから選抜した大グループが361gであった。試験終了時の平均魚体重は人工ブリの低魚粉試験区が993g、対照区が1,021g、選抜中グループがそれぞれ1,020gおよび1,064g、選抜大グループが1,130gおよび1,137gであった。天然モジャコから選抜した大グループは、他の由来と比較し飼料間の差が少なく、成長において選抜効果が出ている傾向が確認された。

飼育成績の概要を表8に示す。選抜大の増肉係数は低魚粉飼料区が2.06、対照飼料区が2.11と低魚粉飼料区がわずかに上回る結果となり、モジャコ期の低魚粉選抜は有効である可能性が示唆された。試験期間中の死亡率は、すべての区で3%未満であり、由来間、飼料間で差はなかった。日間給餌率は、人工ブリが1.89～2.03と高く、選抜中および選抜大は1.67～1.75と低かった。この結果は、飼育開始時の魚体重に影響されているものと考えられた。試験終了時の血液性状を表9に示す。すべての区で異常値は示さなかった。低魚

粉飼料区の赤血球数およびヘマトクリット値が低い傾向が見られたが、ヘモグロビン含量には差がなく、貧血傾向は示されなかった。

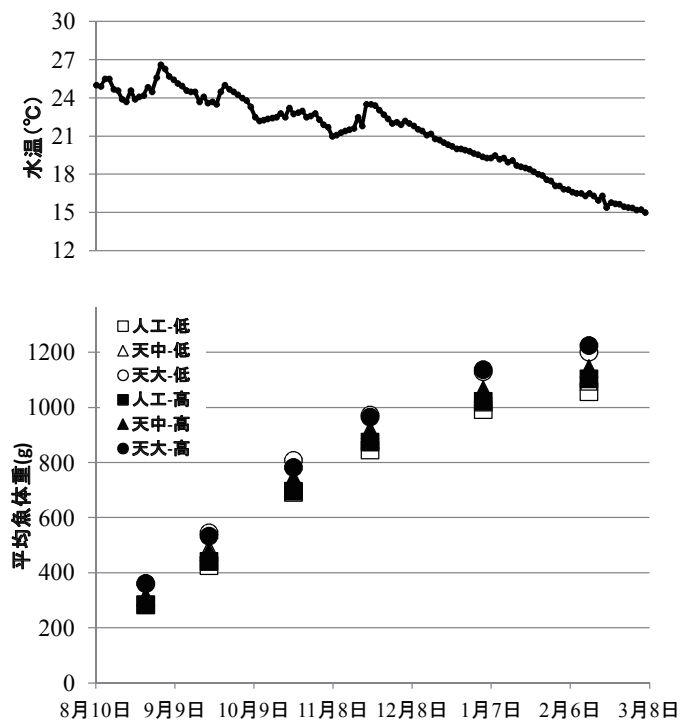


図8 地先水温および平均魚体重(g)の推移

表8 ブリの“飼料×系統”における飼育成績 (2017/8/29～2018/1/4 水温15.0～27.3℃)

飼料	由来	平均魚体重(g)		増重量 (g)	増肉 係数	日間 給餌率 (%)	死亡率 (%)
		開始時	終了時				
低魚粉 (FM30)	人工	283±1	993±34	709±34	2.17±0.09	1.89±0.03	2.5±0.0
	天然 中	311±1	1020±10	708±11	2.09±0.03	1.73±0.01	1.3±1.8
	天然 大	361±4	1130±15	769±11	2.06±0.01	1.67±0.01	0.0±0.0
市販飼料 (FM67)	人工	284±0	1021±5	738±5	2.27±0.00	2.03±0.01	0.0±0.0
	天然 中	312±0	1064±19	752±19	2.05±0.05	1.75±0.00	1.3±1.8
	天然 大	361±1	1137±7	777±6	2.11±0.01	1.72±0.01	0.0±0.0

表9 試験終了時の血液性状

飼料	由来	赤血球数	ヘモグロビン含量	ヘマトクリット値
		(10 ⁹ cells/mL)	(g/100ml)	(%)
低魚粉 (FM30)	人工	3.98±0.23	16.4±0.6	50.5±2.6
	天然 中	3.92±0.21	16.3±0.5	49.8±3.0
	天然 大	3.95±0.11	16.4±0.8	50.8±2.0
市販飼料 (FM67)	人工	4.12±0.28	16.3±1.1	55.4±6.5
	天然 中	4.19±0.25	16.8±0.4	56.5±5.6
	天然 大	4.19±0.32	16.6±0.9	56.7±6.8

IV マダイ養殖実証試験

方 法

試験飼料は、表1に示す配合組成に従い作製し、試験区には飼料番号5 (高水温期用) および飼料番号6 (低水温期用) を給餌した。夏期用は9月22日から翌年12月22日まで、それ以降は冬期を給餌した。対照区には対照飼料(マダイDP かぐや：日清丸紅株式会社製)を給餌した。愛媛県宇和島市吉田地区の養殖業者が保有する縦11m×横11m×深さ8mの金網生簀2台(試験区12,000尾、対照区11,000尾)に養成されていた、由来が同一のマダイ1歳魚を試験に用いた。それぞれの生簀に9月22日から翌2月23日まで試験飼料を給餌し、定期的に体重測定をおこないながら飼育した。

試験生簀の魚病発生状況について、飼育を担当する養殖業者から適宜、聞き取り調査を実施するとともに、同地区の周辺の魚病発生状況についても調査した。

2月23日に試験区および対照区より各5尾をサンプリングし、両区の外部所見および解剖所見を得るとともに、採血をおこない血液検査を実施した。

結 果

養殖場3m層の水温は、試験開始時の9月22日の24.1℃から翌2月23日には16.3℃にかけて若干の上下はあるものの、段階的に低下した。試験区の摂餌行動は、給餌当初は対照区と比較し若干低調であったが、約1週間で同様の活発さを示すようになった。試験開始時の平均魚体重は試験区が362g、対照区が369gであった。試験終了時の平均魚体重は、試験区が846g、対照区が845gであった(図9)。試験開始時から試験終了時までの飼育成績の概要を表10に示す。増肉係数は、試験区が1.98と対照区の1.95と比較し差はなかった。試験期間中の累積死亡率は、試験区、対照区とも0.3%以下であり、両区とも1.0%以下であり同地区の他の死亡率と比較しても特に問題ないと考えられた。死亡原因は主にエンドウジエラ症であったが、魚粉削減が起因する魚病発生とは関連がないと考えられた。また血液検査に違いは見られなかったことから(表11)、健康状態は良好であったと考えられた。

以上の結果から、マダイ育成用の魚粉削減飼料(魚粉配合率20%)は、原材料コスト比で90%を達成したうえで、飼育成績に大きな違いが見られず、健康状態も良好であることから、実用可能性が高まったと考えられた。次年度は、低魚粉飼料対応家系を用いて実用可能性を検討したい。

V マダイ低魚粉対応系統を用いた飼育試験

方 法

試験飼料には表1に示す高水温期用(飼料番号5)および低水温期用(飼料番号6)を給餌用いた。対照飼料には市販のマダイ用EP飼料(FM40：マダイEPセーラ；日清丸紅飼料(株製))を用いた。試験魚には、当センターで魚粉削減飼料(FM5~32)を用いて成長上位30%を3代にわたり選抜した系統魚(F3：マダイ0歳魚；平均魚体重115g)および民間種苗(Nx：マダイ0歳魚；平均魚体重93g)を用いた。試験区として、低魚粉選抜—通常飼料(F3-FM40)、低魚粉選抜—試験飼料(F3-FM20)、民間種苗—通常飼料(Nx-FM40)および民間種苗—試験飼料(Nx-FM20)の4区を設定し、二重反復とした。

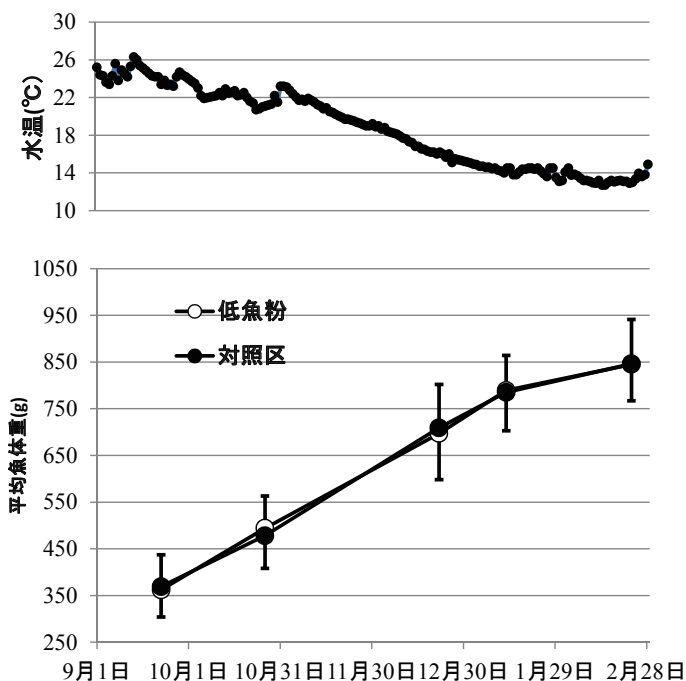


図9 漁場水温および平均魚体重の推移

表10 マダイ養殖実証試験における飼育成績 (2017/9/22~2018/2/23 水温16.2~26.4℃)

	尾数	平均魚体重(g)		増重量 (g)	増肉係数	日間給餌率 (%)	死亡率 (%)
		開始時	終了時				
低魚粉(FM20)	12,000	362 ± 58	845 ± 78	483	1.98	1.35	0.3
対照 (FM45)	11,000	369 ± 68	846 ± 95	477	1.95	1.29	0.3

表11 試験終了時の血液性状および血漿生化学性状

	試験区 (FM20)	対照区 (FM45)
赤血球数 (10^9 cells/mL)	2.75±0.13	2.57±0.14
ヘモグロビン含量 (g/100mL)	7.6±0.1	7.1±0.4
ヘマトクリット値 (%)	40.5±0.3	41.2±0.4
MCV (ft)	135±3	141±3
MCH (pg)	26.8±0.5	26.4±0.8
MCHC (%)	18.4±0.2	18.2±0.1
グルコース (mg/100mL)	48±24	34±3
総コレステロール (mg/100mL)	151±36	207±34
尿素窒素 (mg/100mL)	2.2±0.4	2.2±0.4
総ビリルビン (mg/100mL)	0.0±0.0	0.0±0.0
総タンパク質 (g/mL)	3.3±0.2	3.4±0.5
アルブミン (g/100mL)	1.8±0.4	2.4±0.2
アルブミン・グロブリン比	1.2±0.3	2.4±0.5
カルシウム (mg/100mL)	14.5±0.8	14.6±1.2
トリグリセリド (mg/100mL)	126±63	119±62
尿酸 (mg/100mL)	0.4±0.0	0.4±0.1

当センター地先に設置した海面小割生簀 (3m×3m×3m: ポリ網8面) にそれぞれの試験魚を40尾ずつ収容し、1日1回、週6回飽食給餌しながら、2017年8月29日から2018年1月4日まで126日間飼育した。試験終了時に各小割より5尾ずつ採材し、血液性状および血漿生化学性状を分析した。

結 果

地先水温は、飼育開始時の27.3℃から試験終了時には15.0℃に低下した (図10)。飼育成績の概要を表12に示す。増肉係数は選抜種苗に試験飼料を給餌したF3-FM20が1.53と最も低く、市販飼料を給餌した区 (Nx-FM40、F3-FM40) は1.84 および1.92とほぼ同等で、市販種苗に試験飼料を給餌したNx-FM20が1.64とF3-FM20比較して有意に高かった。試験期間中の累積死

亡率は0~2.0%と全体に低く、系統間および飼料間の違いはなかった。

0歳魚の飼育においては、系統間で飼育成績に大きな違いは見られなかった。原因としては導入時の魚体重に20%程度の差があったこともあると思われる。孵化日は愛媛F3が2週程度遅かったが、稚魚の育成過程で収容密度の違いがあり差がついてしまった。昨年度の1歳魚の試験結果では、特に低水温期で飼育成績に違いが見られたことから、この魚群を次年度に持越し、詳細に飼育成績の比較をおこないたい。また、養殖実証試験において本試験に用いた魚群を養成中であることから、次年度、養殖実証試験においても通常種苗とのクロス飼育試験をおこない実証規模で選抜効果の有効性を明らかにしたい。

表12 マダイの“飼料 × 系統”における飼育成績 (2017/8/29~2018/1/4 水温15.0~27.3℃)

飼料	由来	平均魚体重 (g)		増重量 (g)	増肉係数	日間給餌率 (%)	死亡率 (%)
		開始時	終了時				
低魚粉 (FM20)	愛媛F3	115±1	295±6	180±5	1.53±0.05	1.05±0.03	0.0±0.0
	民間Fx	93±0	237±6	145±6	1.64±0.15	1.13±0.08	2.0±0.0
対照飼料 (FM40)	愛媛F3	115±0	298±6	184±6	1.84±0.01	1.28±0.02	0.0±0.0
	民間Fx	93±0	234±5	142±5	1.92±0.03	1.31±0.00	1.0±1.4

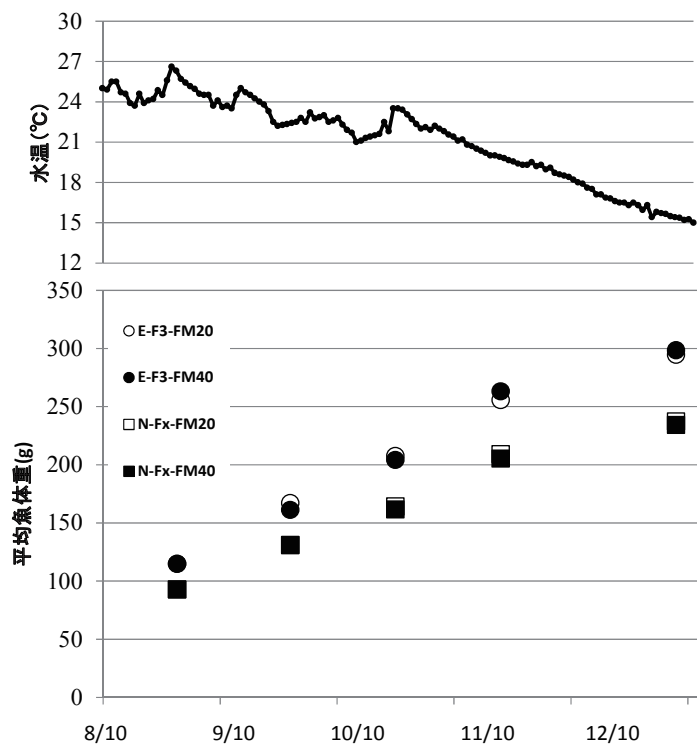


図10 地先水温および平均魚体重の推移

VI 来年度実証試験用の低魚粉対応家系の種苗生産

魚粉削減飼料を用いた飼育を行い、高成長を示した個体の上位30%を選抜して得られた選抜系統(愛媛F3)を来年度の実証試験用の種苗として生産する。

方 法

愛媛県水産研究センターで魚粉削減飼料(FM5～32)を用いて成長上位30%を3代にわたり選抜した系統親魚30尾(平均魚体重1.59kg)を120t 角形コンクリート水槽に収容し、日長コントロール(14L:10D)および水温コントロール(冬季17℃キープ、採卵時19℃)を行いながら90日催熟処理をおこないオーバーフロー自然

採卵法により採卵した。催熟期間中は、オキアミを20% (w/w)含む自家製モイストペレットを日間給餌率2%で給餌した。

2017年2月27日に8.6tコンクリート水槽に受精卵約50,000粒を収容し、シオミズツボワムシ、アルテミア幼生および配合飼料を給餌しながら40日間飼育した。一次生産で取り上げた約30,000尾を海面小割生簀(5m×5m×3m)に移送し、中間育成をおこない、全長80mmになった時点で選別・計数をおこない、6月20日に19tの活魚輸送船を用いて24,000尾を来年度養殖実証試験養殖場に移送・収容した。

輸出用大型ブリ等生産技術開発研究

松岡 学・山下 浩史・中島 兼太郎・菊池 隆展・眞鍋 諒太郎・佐々木 進一
納田 健次*1・松原 孝博*2・竹ノ内 徳人*2・後藤 理恵*2・斎藤 大樹*2

養殖ブリは北米をはじめとした海外での需要が急速に拡大しており、世界的に有望な養殖魚のひとつとして注目されている。海外では脂乗りがよい大型のサイズのブリが求められているが、国内では大型サイズのブリの生産体制が確立してないことから、需給のミスマッチが生じている。そのため、海外ニーズに応える品質のブリやみかんフィッシュを提供する生産技術を開発することで、輸出販売力を強化し、実需の創出を図ることを目的とする。

I 成熟抑制による大型ブリ養殖技術の開発

目 的

海外ニーズに対応した大型のブリを、従来よりも低コストで効率的に生産する技術を開発する。このため、特定の栄養素が欠乏すると成熟が抑制される知見を利用し、人為的に成熟をコントロールするための条件を明らかにするとともに、そのメカニズムを解明する。

方 法

1 成熟抑制試験

(1) 平成28年度開始の試験

平成28年12月に平均魚体重5,500gのブリを5×5×5mのポリ網生簀5面に20尾ずつ収容し、市販の配合飼料(おいかぜ18号:日清丸紅飼料株式会社製)を週3回、約1か月間給餌して予備飼育した。それぞれの小割を2月絶食区、3月絶食区、4月絶食区、調整飼料区および対照区に設定し、2月から4月まで飼育した。2月絶食区は2月中、3月絶食区は3月中および4月絶食区は4月中給餌をおこなわず、それ以外の期間は前述の市販飼料を週3回給餌した。調整飼料区には特注のEP飼料を、対照区には市販配合飼料をそれぞれ週3回給餌した。その後、平成29年6月、10月および12月に5~10尾をサンプリングし、体重と尾叉長を測定するとともに、6月は生殖腺重量を測定した。

(2) 平成29年度開始の試験

2月27日に5×5×5mの金網生簀で飼育中の平均魚体重5,794gのブリ150尾のうち60尾を、5×5×5mのポリ網生簀3面に20尾ずつ収容した。飼料の栄養素を調整した特注のEP飼料(以下、調整飼料)を2~5月に給餌する試験区1(金網生簀)、3~5月に給餌する試験区2

(ポリ網生簀)、4~5月に給餌する試験区3(ポリ網生簀)、および市販のEP飼料(おいかぜ18号:日清丸紅飼料社製)を給餌する対照区(ポリ網生簀)を設定し、各区とも週3回飽食給餌した。5月以降の試験区もおいかぜ18号を給餌し、平成30年12月まで継続飼育するとともに、平成31年5~12月まで定期的にサンプリングをおこない、成長及び成熟状況等を確認する予定である。

2 成熟メカニズムの解明(愛媛大学で実施)

調整飼料の給餌によって、雌においては卵黄形成に必要な栄養が不足し、卵黄タンパク前駆体であるピテロジェニン(Vg)の合成が抑制されるとともに、Vg合成を調節する雌性ホルモン(エストラジオール-17β)の血中濃度も低下する可能性があり、また、雄では雄性ホルモン(11-ケトテストステロン)が低下する可能性がある。そのため、①Vg遺伝子の定量的解析法の開発、②Vgタンパクの免疫化学的定量法を開発をおこなった。

結果および考察

1 成熟抑制試験

(1) 平成28年度開始の試験

成熟抑制試験結果を表1に示した。6月の時点では対照区の平均魚体重が最も大きかったが、試験終了時の12月には調整飼料区の平均魚体中が9,382gで最も大きく、続いて2月絶食区、対照区、3月絶食区、4月絶食区の順であった。12月の肥満度は調整飼料区と2月絶食区がともに21.7で最も大きく、続いて3月絶食区、4月絶食区、対照区の順であった。これらの結果から、調整飼料の給餌または絶食によって、産卵前に給餌を継続した試験区と比較し、成熟を抑制するとともに、大型個体に養成できることが明らかになった。

(2) 平成29年度開始の試験

3月31日現在で飼育試験を継続中であり、結果については次年度に報告する。

2 成熟メカニズムの解明

ブリの雌における生殖腺発達をモニタリングする方法を検討し、ピテロジェニンの遺伝子発現の定量的解析および、血中ピテロジェニンの免疫化学的定量に関する技術を構築した。これにより生殖腺発達のモニタリングシステムとして、雄では、生殖腺重量、生殖腺

*1 産業技術研究所食品産業技術センター

*2 愛媛大学南予水産研究センター

表1 成熟抑制試験結果

		対照区	絶食区			調整飼料区
			2月	3月	4月	
6月	魚体重(g)	6,647	5,804	5,870	5,446	5,951
	肥満度	19.3	18.0	17.0	16.4	19.3
	GSI	6.51	0.40	0.43	0.48	0.49
10月	魚体重(g)	7,307	7,844	7,382	6,856	8,364
	肥満度	19.0	19.6	19.4	19.1	20.2
12月	魚体重(g)	8,405	8,928	8,246	7,896	9,382
	肥満度	20.7	21.7	21.0	20.9	21.7

の組織学的観察、雄性ステロイドホルモンの測定(キット使用)、雌では、生殖腺重量、生殖腺の組織学的観察、雌性ステロイドホルモンの測定(キット使用)、肝臓Vg遺伝子発現解析、血中Vg濃度の測定が可能になった。平成29年度に開始した飼育試験のサンプルに対してこれら生殖腺発達のモニタリングシステムを適用する予定である。

II 輸出戦略としての差別化・付加価値化技術の開発 目 的

日本近海の固有種であるブリの海外市場における評価は、国内とは異なる可能性があることから、大型ブリの体成分や機能性成分を分析して訴求点を明確にするとともに、冷蔵状態で空輸するための鮮度保持技術を開発する。また、輸出先として有望な海外のニーズを把握したうえで市場に応じた販売ツールを開発することで、差別化・付加価値化を図り、高い産地間競争力を得る。

方 法

1 特性把握と鮮度保持技術の開発

大型ブリの特性を把握するために、12月に採取した大型ブリ3尾(平均体重8,080g、平均尾又長747mm)について、一般5成分(脂質、タンパク質、水分、炭水化物、灰分)と脂肪酸(EPA、DHA)の分析を行い比較した。一般5成分等は、七訂日本食品標準成分表に準拠した定法により測定した。

また、鮮度保持技術を開発するにあたり、締め後の冷やし込み方法の改良により鮮度を維持する方法を検討した。昨年度、台湾に輸送したブリの冷やし込み後の芯温は7.8℃であり、輸送96時間後のK値は、刺身として使用できる目安の20を超える32であった。そこで、大型ブリの冷やし込み後の芯温を下げることで、輸送後のK値の上昇を抑えられないか以下の方法で検討した。併せて、切身とした際に外観の良否を大きく左右する背側部血合筋の色調を測定した。

魚体芯温は、冷やし込み前のブリの肛門から中心部に向けて温度センサーを挿入して測定した。冷やし込みは、-1.5℃塩水に5時間及び24時間、-4℃スラリー塩水に5時間浸漬し、塩水を30分毎に攪拌して

行った。冷やし込み後は500g保冷剤6個を同梱し、5℃で92時間保管した後、K値及び色調を分析した。K値を分析するにあたり、背鰭第1棘の前から採肉し、10% PCAを10mL加えホモジナイズし、遠心分離(5,000rpm、8分、0℃)し、上清を回収したのち、5% PCAを5mL加えて攪拌し、再度遠心分離して上清を回収した。これを、KOH水溶液で中和後、No.2ろ紙でろ過し50mLにメスアップした。0.2μmメンブレンフィルターでろ過し、高速液体クロマトグラフ(株式会社島津製作所製 Prominence)で測定した。背側部血合筋の色調(a値およびb値)は、分光測色計(コニカミノルタオプティクス株式会社製 CM-5)を用い、捌いてから0、3、24時間後に測定した。なお、色調の表記は血合筋のメト化度を良く表現するb/a値で0.8を超えると褐変のため刺身商材にならないものと判定した。

2 海外市場における消費ニーズ調査

養殖ブリ(みかんブリ)に対する評価を把握するため、アメリカ合衆国ホノルル、同ロサンゼルス、カナダトロントの3都市で試食アンケート調査およびヒアリング調査を実施した。アンケートの内容は、出展した魚の種類や展示会場の意向等の事情により若干異なるが、主に①ブリを食べたことがあるか、②買いたいと思うか、③脂の乗り方は好みに合うか、④みかんブリの評価であった。

(1) ホノルル

11月9日に「MARUKAI」で開催された愛媛フェアにおいて、みかんブリとブリの試食アンケート調査を行った。試食用のブリは、愛媛県漁業協同組合連合会(以下、県漁連という)を通じて空輸したチルドブリ(通常ブリ魚体重約5kg、ミカンブリ魚体重約5kg。ラウンド)を刺身で提供した。

(2) ロサンゼルス

1月6日と7日に「SEIWA MARKET」において、大型ブリとみかんブリのプロモーション、商談および試食サンプルに対する評価やアメリカ合衆国における流通事情の情報交換を行った。試食用のブリは、県漁連を通じて空輸したチルドブリ(大型ブリ体重約10kg：水産研究センター生産、通常ブリ体重約5kg。ラウンド)を刺身で提供した。

(3) トロント

3月18日と19日に「オザワカナダ」、「Taro's Fish」および日本食レストラン「ZEN」においてみかんブリのプロモーションを行った。試食用のブリは、株式会社宇和島プロジェクトで加工した大型ブリロイン8本とみかんブリロイン8本を刺身で提供した。

結果および考察

1 特性把握と鮮度保持技術の開発

大型ブリの部位別一般5成分および脂肪酸の測定結果を表2に示した。成熟抑制前のブリ(平均体重5,850g、平均尾叉長667mm)と比較し、脂質は背肉が約1.2倍高い18.8%、腹肉が約1.2倍高い28.3%を示した。脂肪酸は、背肉についてEPAが約1.3倍の490mg/100g、DHAが同等の1,170mg/100gであり、腹肉についてEPAが約2.2倍高いEPA910 mg/100g、DHAが約2倍の2,100 mg/100gであった。大型ブリでは脂質量が増加していることと、腹肉にEPA・DHA量の顕著な増加があることを確認した。

冷やし込み条件を変えた大型ブリの芯温変化を図1に示した。5時間後の芯温は、-1.5℃塩水で3.5℃だったが、-4℃スラリ塩水で0.3℃であった。また、-1.5℃塩水で24時間冷やし込むと、芯温を-0.4℃まで下げることができた。続いて、これらを梱包した後5℃で92時間保存した際の芯温変化を図2に示した。-1.5℃塩水で冷やし込んだブリの芯温は、冷やし込み時間5時間、24時間ともに92時間後に約2.5℃であった。一方、-4℃スラリ塩水で冷やし込んだブリの芯温は、92時間後に-0.1℃であった。-4℃スラリ塩水で冷やし込むと、-1.5℃塩水で冷やし込んだ場合よりも、梱包から開封までの芯温を低く抑えられることが分かった。

92時間後のK値を測定したところ、-1.5℃塩水で5時間冷やし込んだブリが21%、24時間冷やし込んだブリが23%、-4℃スラリ塩水で5時間冷やし込んだブリは13%であった。-1.5℃塩水で24時間冷やし込むと、冷やし込み後の芯温は下がるが時間が経過する分K値が上昇してしまうものと考えられた。そこで、5時間以内の冷やし込みにおけるブリの芯温とK値の関係を図3に示した。その結果、冷やし込み後の芯温が低いほど開封時のK値を低く抑えられることが分かった。続いて、血合肉の色調を測定した結果を図4に示した。-4℃スラリ塩水で冷やし込んだブリは、解体時の時点でb/a値0.77であり、-1.5℃塩水で冷やし込んだブリの0.61~0.63よりも高い結果であった。解体3時間後は色調の大きな変動は無かったが、24時間後のb/a値は、いずれも0.8を超える結果であった。特に-4℃スラリ塩水で冷やし込んだブリのb/a値は、1.19と他の0.84~0.94より高い値を示し、褐変が進んでいることを確認した。魚肉は部分凍結時に特に

褐変が進むとされており、-4℃スラリ塩水で冷やし込んだブリは部分凍結状態になったため褐変が進んだものと考えられた。

以上の結果から、-4℃でブリを冷やし込むと、芯温を速やかに下げK値を低く抑えられたが、-1.5℃で冷やし込んだブリよりも褐変が進んでしまうことが分かった。冷やし込みにはブリの凝固点である-2℃よりも高い-1.5℃程度が最適であるものと考えられた。今後は、梱包に使用する包材や保冷剤を改良することで、鮮度向上を図る予定である。

表2 大型ブリの一般5成分および脂肪酸

	背肉	腹肉
一般成分(%)		
水分	60.0	53.1
脂質	18.8	28.3
たんぱく質	20.3	17.7
炭水化物	0.2	0.3
灰分	0.7	0.6
脂肪酸(mg/100g)		
EPA	490	910
DHA	1,170	2,100

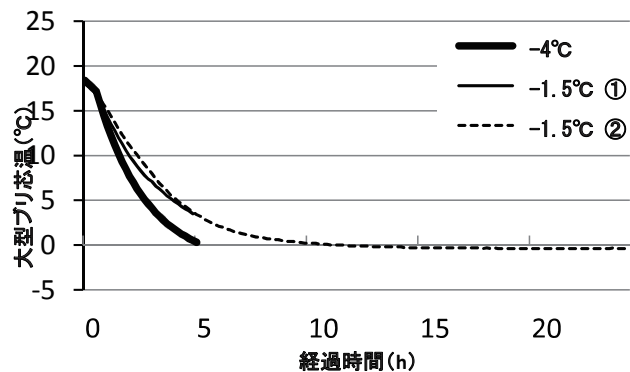


図1 冷やし込み時の大型ブリの芯温変化

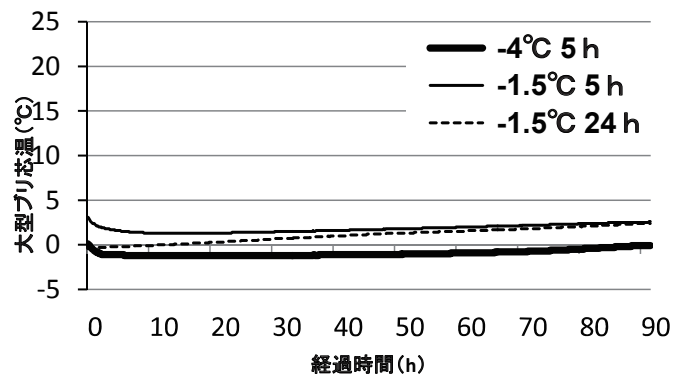


図2 梱包後の大型ブリの芯温変化(5℃保存)

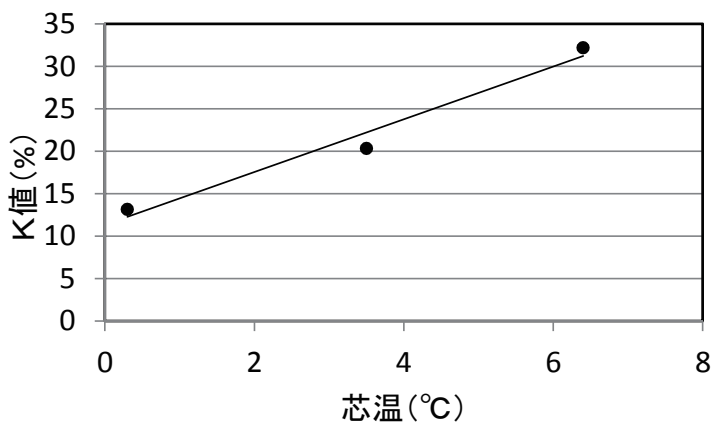


図3 冷やし込み後のブリ芯温と開封時のK値の関係

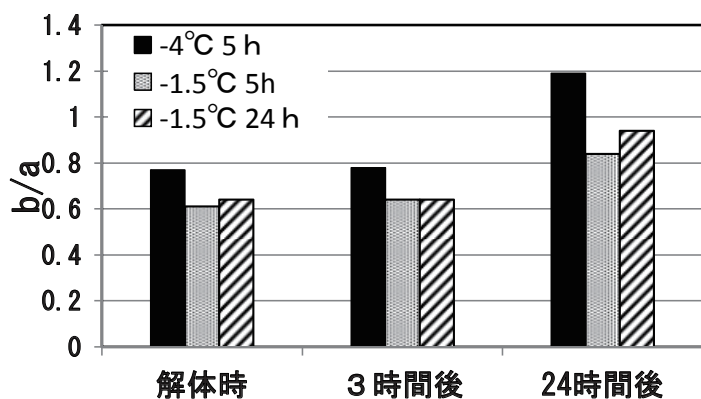


図4 解体後の血合い肉の色調

2 海外市場における消費ニーズ調査

(1) ハワイ

愛媛フェアにおいて実施した試食アンケートにより、87サンプルを回収した。みかんブリと通常ブリを比較したところ、65%の回答者がみかんブリを購入したいと回答したことから、消費者はみかんブリには潜在的な購買意欲を促す良さがあると感じていることが示唆された。

(2) ロサンゼルス

大型ブリは脂の乗りが良いことから白人や中華系の人種に人気があり、一定のニーズがあることが確認できた。また、大型ブリよりみかんブリの方が商品としての評価が高かったことから、今後は大型みかんブリによる調査が必要である。

(3) トロント

脂の乗りに関しては、通常のブリサイズで十分であるという感触であった。トロントには日本食レストランが多くあるが、特に高品質のものを求める店舗はごく少数である。

また、バーベキュー文化が根付いており、家庭向けの市場を狙うのであれば、味付けした商品展開も有効

であると思われた。みかんブリに関しては、差別化商品として評価は高かった。また、変色防止に用いられる一酸化炭素処理に関しては、平成30年6月より規制内容が厳格化されるため、今後注視していきたい。

III 新規「みかんフィッシュ」作出技術の開発

目的

イヨカン搾汁滓を飼料に混合し作出したみかんブリは、血合筋の褐変(メト化)が進行しにくい特徴を有している。ブリの海外への販路展開をおこなう際に、この褐変防止効果は極めて重要な効果になりうる。しかしながら、みかんフィッシュは食べた時に柑橘特有の香りを伴うため一般的とは言い難い。そこで、香りを伴わない褐変抑制効果を有するブリの作出技術を試みた。

方法

1 作出技術の開発

褐変防止効果を期待する成分として、強い抗酸化力を有するポリフェノールの高含有するチョコレート(食品用)を用いた。表3に従い、チョコレートを10% (w/w) 配合したチョコMP、イヨカン果皮を10% (w/w) 配合したイヨカンMPおよび対照MPを作製し、試験に用いた。

平均魚体重5kgのブリ1歳魚を海面金網生簀(5×5×5m)3面に各20尾ずつ収容し、自家調整したモイストペレットを1日1回給餌しながら2週間予備飼育をおこなった。これらのブリに試験用MPを総魚体重の2%になるように1日1回、週5回給餌した。給餌開始1週後、2週後および4週後に各区3尾ずつサンプリングし、生け締め後0日、1日、2日、3日、4日、5日および7日目に色彩色差計(コニカミノルタ株式会社製CR-13)を用い背側部血合筋の色調(a値およびb値)を測定した。なお、色調の表記は血合筋のメト化度を良く表現するb/a値で示した。

結果および考察

1 作出技術の開発

チョコレートを10%配合したMP飼料の摂餌性は、対照MP飼料と同等以上であり、給餌期間が長くなっても低下することはなかった。イヨカンMPを給餌したブリは、柑橘特有の香りを感じたが、チョコレートMPを給餌したブリの食味は、対照と全く同じであった。

血合筋の色調変化を図5に示す。4週給餌後のブリ血合筋生食の目安と考えられるb/a値が0.8を下回る日数は対照が2日、イヨカンMPが4日およびチョコレートMPが5日目までであった。チョコレートMPを与えることにより強い変色防止効果が確認された。

表2 試験用モイストペレットの組成

(kg)	チョコMP	イヨカンMP	対照MP
マッシュ	20	20	20
イカナゴ	20	20	25
チョコレート	5		
イヨカン果皮		5	
ビタミンミックス	1	1	1
フィードオイル	4	4	4

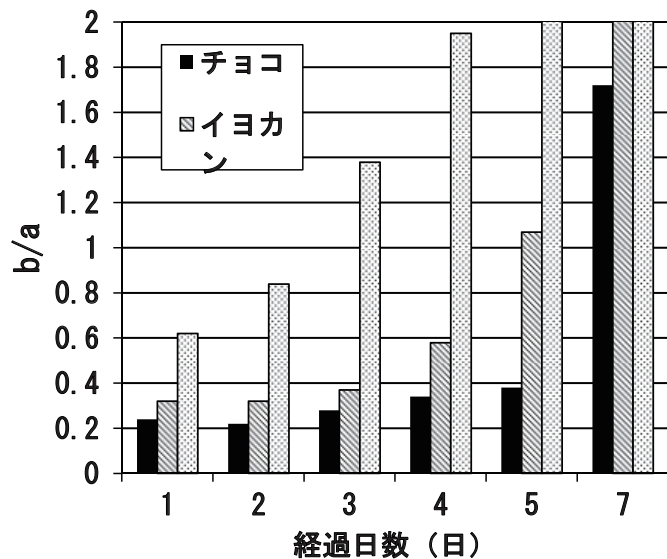


図5 試験用モイストペレットを4週給餌後のブリの血合筋の色調

サケ類養殖技術開発事業

中村 翠珠・成田 公義*

目 的

近年、食の多様化から付加価値の高い新たな養殖魚種が求められており、本県海面養殖主力魚種の生産量を維持しながら、ブリやマダイを出荷した後の生簀を用いて翌春までの短期間飼育で出荷が可能な新魚種としてサケ類に期待が寄せられている。また、これらの種苗が県内で生産されることにより、内水面養殖業者の経営安定や新たな雇用の創出が期待される。さらに、みかんフィッシュ生産技術を活用して、本県独自の新たなサケ類養殖技術を開発し、内水面と海面を繋ぐ新たな養殖産業を創出する。

方 法

1 ギンザケ種苗生産試験

(1) 1歳魚の育成

平成28年度に北海道から発眼卵を当所に導入し、栽培資源研究所(以下、「当所」とする)でふ化・飼育したギンザケ種苗を、上浮穴郡久万高原町の内水面養魚場に2,904尾移送し、平成29年4月3日から12月18日まで養殖試験を行った。ギンザケ種苗は定期的に30尾をサンプリングし、全長および体重を測定した。

(2) ふ化および0歳魚の育成

12月16日に北海道斜里郡斜里町の業者からギンザケ発眼卵10,598粒(平均卵重0.147g、積算水温280℃)を入手した。発眼卵は、水産用イソジン液で消毒(有効ヨウ素濃度50ppmに15分間浸漬)した後、500Lポリエチ

レン水槽に浮かべたプラスチック製の網カゴ5つに分けて収容し、卵管理をおこなった。卵の白濁や卵膜の破裂など、ふ化が見込めないと思われるものは、随時取り除いた。ふ化後は、臍囊さいのうがなくなり浮上した稚魚を計数しながら500Lポリエチレン水槽1面と200Lポリエチレン水槽2面に分けて収容した。飼育水は、紫外線殺菌装置(フナテック(株)製LP-50W)で殺菌した淡水を掛け流しとし、排水は防疫のためいったん貯水し、そこに常時固形塩素を投入することで消毒をおこなった。へい死魚は毎日除去し、明らかな奇形魚や異常遊泳魚なども同時に除去した。照明は、卵管理時は基本的に消灯し、浮上後は7時~18時の間に点灯した。

4月以降は、水温上昇により当所での飼育が困難であることが想定されたため、平成30年4月3日に上浮穴郡久万高原町の民間の養魚場に移し、内水面での養殖試験を開始した。なお、移動前の魚病検査として3月27日にギンザケ5尾について、外部観察と解剖による内部観察を行い異常がないことを確認した。また、赤血球封入体症候群(EIBS)、細菌性腎臓病(BKD)、伝染性造血器壊死症(IHN)、伝染性膀胱壊死症(IPN)、サケ科魚ヘルペスウイルス病についてはPCR法によるウイルス検査を行い、陰性であることを確認した。

2 ギンザケ海面養殖試験

方法1-(1)で記載した、ギンザケ1歳魚(平均体重172g)1,645尾を宇和島市の民間の陸上養殖施設内(9m×9m)に収容した(表1)。

表1 海面養殖試験開始時の種苗および養殖施設

種類	種苗導入元	場所	導入月日	種苗尾数	平均全長	平均体重	飼育施設* ¹
				尾	mm	g	(種苗導入時)
ニジマス	長野県	今治A	H28.12.22	1,420	325±15	412±54	10m角×1面
	長野県	今治B	H28.12.22	1,094	325±15	412±54	5m角×1面
	長野県	八幡浜	H29.1.16	2,200	321±38	409±133	10m角×1面
ニジマス	静岡県	今治C	H30.1.20	1,623* ²	291±19	308±52	5m角×1面
	長野県	今治D	H30.1.23	1,002* ²	328±24	449±104	6m角×1面
	長野県	今治E	H30.1.23	557* ²	328±24	449±104	5m角×1面
	静岡県	松山	H30.2.2	1,551	298±17	315±58	5m角×1面
ギンザケ	愛媛県	宇和島	H29.12.18	1,645	246±18	172	9m角×1面

*1:ニジマス:海面小割生簀(ポリ網)、ギンザケ:陸上コンクリート水槽

*2:導入重量と導入時平均体重から推測

* 現 農林水産部水産局漁政課

海水馴致は、9m角のコンクリート水槽をブルーシートで2面に区切った半面にあらかじめ50%海水を張っておき、ギンザケ種苗を活魚車から網にて移送した後、海水を注水し4時間かけて海水の割合を徐々に上昇させた。また、海水馴致中は溶存酸素濃度が著しく低下しないよう分散器を投入し、空気のほか酸素を調節しながら曝気した。

測定は月1回適宜実施し、併せて魚肉の赤色度について色彩色差計(ミノルタカメラ(株)製CR-121)で頭部近くの背肉断面5カ所のLab値を測定した。また、魚肉成分については、頭部近くの魚肉(背肉および腹肉、骨、皮は除く)をサンプルとし、複数尾の魚肉を平均化するため、ミキサーでミンチにした魚肉を等量ずつ混合したものを冷凍保存し、愛媛県食品産業技術センターに一般成分(水分、たんぱく質、脂質、炭水化物、灰分)の分析を依頼した。また、比較サンプルとして、平成29年5月12日にスーパーマーケット店頭でギンザケ(チリ産、鳥取産)、ベニザケ(ロシア産)、ニジマス(チリ産)を入手し、前述の方法で魚肉の赤色度、一般成分を測定した。

3 サケ類(ニジマス)海面養殖試験

(1) 平成28～29年海面養殖試験

昨年度と同様の方法でニジマス海面養殖試験を継続し、月1回の測定を適宜実施しデータを収集した。各試験地の種苗先、池入れ日時および養殖方法を表1に示した。各試験場所のうち、今治AとBはそれぞれ平成29年1月～3月にサイズ選別を実施し、その際に大個体を収容した生簀を(大)および小個体を収容した生簀を(小)とした。

(2) 平成29～30年海面養殖試験

養殖試験は、今治市3カ所(以下、「今治C」、「今治D」および「今治E」とする)および松山市1カ所(以下、「松山」とする)の地先海面で実施した。種苗は、ニジマス(ドナルドソン×スチールヘッドの稚魚)を長野県および静岡県養魚場から購入したものを使用した。各試験地の種苗元、池入れ日時および養殖方法を表1に示した。

海水馴致は、網を張った生け簀の内側にブルーシー

トを張り、その中にあらかじめ海水または淡水を浅く貯水し、ニジマス種苗を活魚車から淡水ごとブルーシート内に投入した後、ポンプで海水を注水し4～5時間かけて海水の割合を徐々に上昇させた。海水馴致中は、酸素濃度が著しく低下しないよう分散器を投入し、空気のほか酸素を調節しながら曝気した。魚の様子を見ながら随時海水を追加していき、ブルーシート内の塩分濃度が海水に近づいた時点で、ブルーシートを取り除いた。

測定についてはギンザケ海面養殖試験と同様の手順で実施した。

4 サケ類(アマゴ)海水馴致試験

平成30年2月16日に高知県産のアマゴ2歳魚(平均体重176g)380尾を当所の10t八角コンクリート水槽に収容し、試験に用いた。

海水馴致試験は1t円形ポリエチレン水槽を用い、表2のように水温・収容尾数の異なる試験区1から試験区9まで3回に分けて実施した。供試魚は試験期間の前日～2日前に試験魚を各水槽に収容し、馴致させた後、海水を注水することで1日～3日間かけて海水100%まで徐々に上昇させた。また、馴致終了後10日目に体重を全数測定し、それまでの生残率を算出した。また、海水馴致前と馴致後10日目に各水槽から5尾ずつ取り上げ、フェノキシエタノール添加海水で麻酔し、ヘパリン処理したシリンジを用いて背大動脈より全血1mLを採血した。採血した全血は3,000rpmで5分遠心分離した後、上澄みを別容器に移して冷凍保存し、後日グルコース濃度を測定した。

5 みかんフィッシュ生産試験

みかんフィッシュ化は、いよかんオイル(株えひめ飲料製)を使用し、出荷前の2週間に魚体重の0.1%の量を餌に浸透させて与えた。いよかんオイルが少量の場合は、餌に均一に混ざるよう、フィードオイルなどでかさ増しをして浸透させた。

官能試験は、今治AおよびBで2017年5月に採取したサンプルを-20℃で保存して供した。50歳代の審査員8名により、外観、食感、脂の乗り、味わいについて5点満点、柑橘の香りについては4点満点で評価した。

表2 アマゴ海水馴致の方法

試験区	条件	試験期間	水温 ℃	収容尾数 尾	海水馴致日数
1	自然水温	2/27～	10℃	30	1日
2		3/1			2日
3					3日
4	高水温	3/6～	16℃	30	1日
5		3/8			2日
6					3日
7	高水温、高密度	3/15～	16℃	60	1日
8		3/17			2日
9					3日

結果および考察

1 ギンザケ種苗生産試験

(1) 1歳魚の育成

試験期間中の水温は17~18.7℃で推移しており(図1)、年間の水温差が17℃と大きい、ギンザケの成育に問題がないことから愛媛県内内水面養魚場での種苗生産は水温の面では問題ないと考えられた。試験期間中の成長の推移を図2に示す。平均魚体重は11月までは指数的に増加したが、その後12月の出荷時まではほぼ横ばいで推移し、試験終了時には172gとなった。これは海水面養殖業者への出荷時体重を150g前後に設定していたため、11月~12月の給餌量を抑えた結果と考えられた。

(2) ふ化および0歳魚の育成

試験期間中の水温を図3に示した。水温変動は大きく、1~2℃程度の日変動を繰り返しながら、5.8~15.9℃の間で推移した。

発眼卵の管理は当所で平成29年12月16日から始め、12月27日にふ化が始まり、1月4日にはすべてがふ化した。ふ化率(=[発眼卵数-死卵数] / 発眼卵数)は98.4%であった。日齢24から稚魚が浮上しはじめ、日齢31にすべてが浮上し、総稚魚数は10,116尾でふ化後の生残率は97.1%であった。その後は特に魚病などの問題は発生せず、日齢97までのへい死魚は138尾、奇形

などにより除去した魚(測定サンプル含む)は308尾で、浮上後の生残率は95.6%、発眼卵からの生残率は91.3%となった。その間の全長および体重の推移を図4に示した。日齢93で全長67.4mm、体重3.11gとなり日齢97に9,679尾を久万高原町の民間養魚場に移し、内水面での養殖試験を開始した。

2 ギンザケ海面養殖試験

養殖試験中の全長、体重、一般成分および魚肉のLab値を表3および図5に示した。種苗導入時12月の平均魚体重は172gで3月の平均魚体重は1,029gとなった。脂質含量については、種苗導入時の12月は2.7g/100gであったが、3月までに19.2g/100gとなった。

Lab値のうちギンザケ魚肉の赤色度合いを示すa値については、種苗導入時12月は-0.4であったが、3月までに徐々に増加し、3月には5.7まで増加した。

4月下旬からの出荷に向けて試験養殖を継続しており、次年度にその後の結果を報告する。

3 サケ類(ニジマス)海面養殖試験

(1) 平成28~29年海面養殖試験

養殖試験中の水温を図6に、全長、体重、一般成分および魚肉のLab値を表3および図7に示した。種苗導入時の平均魚体重は、今治AおよびBが412g、八幡浜が409gとほぼ同じであったが、出荷時に測定した際の魚体重は、選別時に大個体を収容した生簀である今

表3 サケ類海面養殖試験の全長、体重、一般成分および色調

魚種	場所	サンプル	月日	検査尾数	全長(mm)	体重(g)	水分(g/100g)	たんぱく質(g/100g)	脂質(g/100g)	炭水化物(g/100g)	灰分(g/100g)	色差a値	
ニジマス	今治A	導入時	H28.12.22	10	325	412	72.6	19.3	6.5	0.4	1.2	-0.7	
			大	H29.1.30	5	372	772	70.6	18.0	9.2	1.1	1.1	0.5
				H29.3.6	5	408	873	69.1	18.9	10.7	0.1	1.2	1.8
		小	H29.5.11	3	473	1642	63.5	18.4	16.7	0.3	1.1	3.6	
			H29.1.30	5	316	337	76.3	18.7	3.1	0.6	1.3	-0.5	
			H29.3.6	5	335	367	74.9	19.2	4.4	0.2	1.3	-0.9	
	今治B	導入時	H29.5.11	2	347	368	78.9	17.3	1.7	0.6	1.5	-0.4	
			H28.12.22	10	325	412	72.6	19.3	6.5	0.4	1.2	-0.7	
			大	H29.2.3	5	366	612	73.9	17.8	6.7	0.5	1.1	1.0
		H29.3.16		3	396	834	68.4	17.9	11.7	0.6	1.4	1.0	
		H29.5.19		5	453	1165	66.0	19.1	13.0	0.7	1.2	2.2	
		小	H29.2.3	5	341	397	75.5	18.2	4.8	0.4	1.1	-0.3	
H29.3.16	3		338	388	76.9	18.6	3.0	0.1	1.4	-0.9			
八幡浜	H29.1.16		10	321	409	72.6	19.3	6.5	0.4	1.2	-0.8		
	H29.3.7	7	313	315	72.9	18.4	7.1	0.2	1.4	-0.3			
	H29.5.9	5	349	361	77.4	19.4	1.5	0.3	1.4	-1.0			
ギンザケ	チリ産	店頭で入手	H29.5.12	-	-	-	59.9	17.8	18.4	2.8	1.1	5.7	
	鳥取産	"	"	-	-	-	64.0	17.5	16.4	1.1	1.0	4.3	
ベニザケ	ロシア産	"	"	-	-	-	67.8	17.6	8.4	3.2	3.0	10.0	
ニジマス	チリ産	"	"	-	-	-	65.2	17.8	14.4	1.6	1.0	2.4	
魚種	場所	種苗導入元	月日	検査尾数	全長(mm)	体重(g)	水分(g/100g)	たんぱく質(g/100g)	脂質(g/100g)	炭水化物(g/100g)	灰分(g/100g)	色差a値	
ニジマス	今治C	静岡県	H30.1.20	10	291	308	71.3	18.9	7.2	1.4	1.2	-1.0	
			H30.3.19	10	298	284	74.7	18.1	5.1	0.8	1.3	-0.3	
	今治D、E	長野県	H30.1.23	10	328	449	72.3	18.3	7.5	1.0	0.9	-0.3	
			H30.3.5	7	348	480	73.2	17.6	7.8	0.5	0.9	0.0	
	今治D	静岡県	H30.2.2	10	298	315	71.3	18.9	7.2	1.4	1.2	-0.5	
ギンザケ	宇和島	愛媛県	H29.12.18	10	246	172	75.9	18.8	2.7	1.3	1.3	-0.4	
			H30.1.17	10	292	329	70.1	17.6	10.1	1.0	1.2	2.9	
			H30.2.15	10	352	642	65.1	17.5	15.7	0.6	1.1	4.1	
			H30.3.23	10	396	1029	61.7	18.0	19.2	0.1	1.0	5.7	

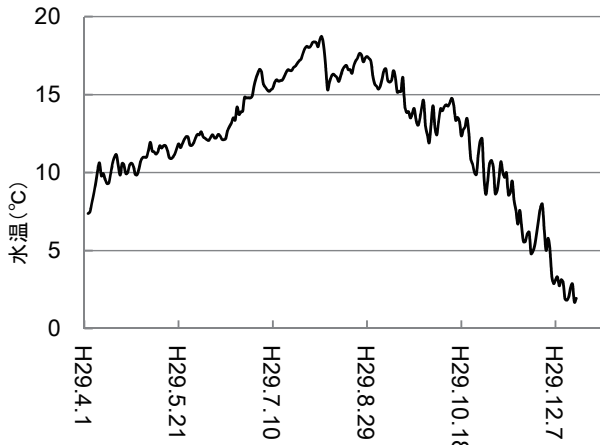


図1 ギンザケ飼育試験中の水温推移(H28年度)

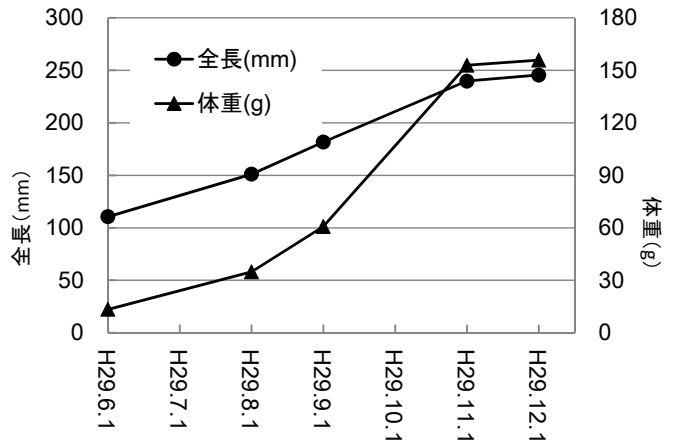


図2 ギンザケ飼育期間中の成長推移(H28年度)

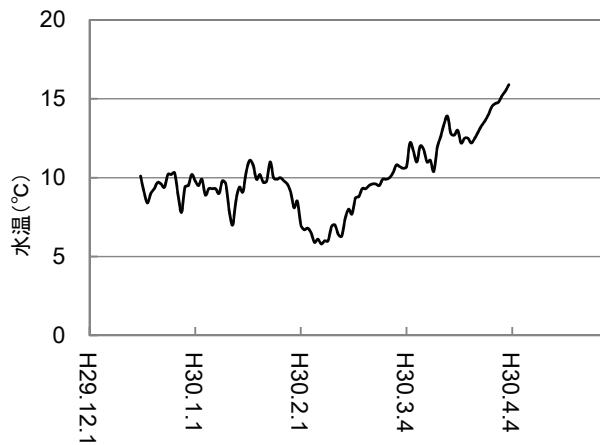


図3 ギンザケ飼育期間中の水温推移(H29年度)

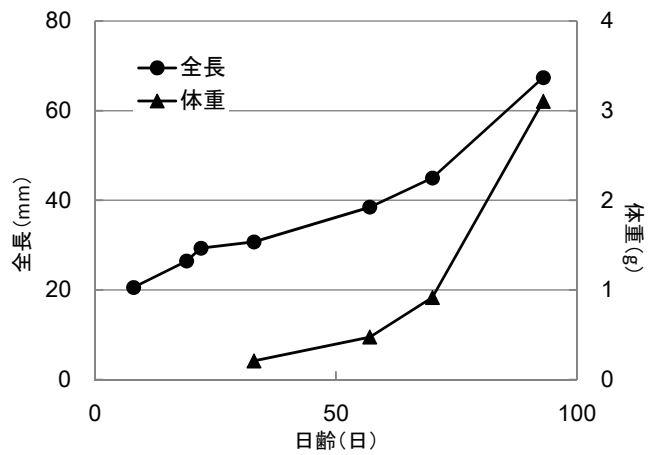


図4 ギンザケ飼育期間中の水温推移(H29年度)

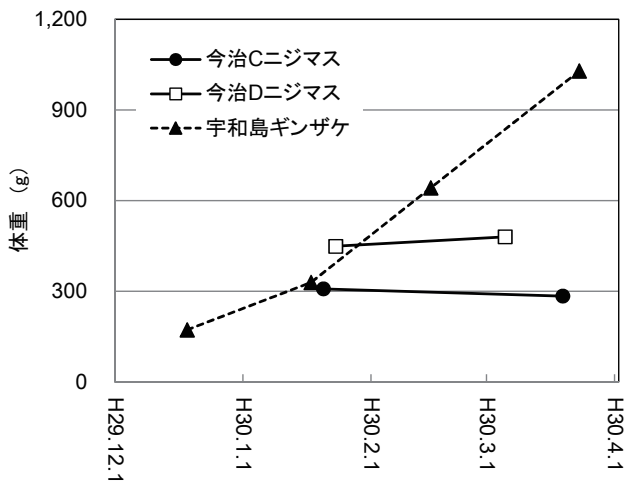


図5 サケ類海面養殖試験中の体重の推移(H29年度)

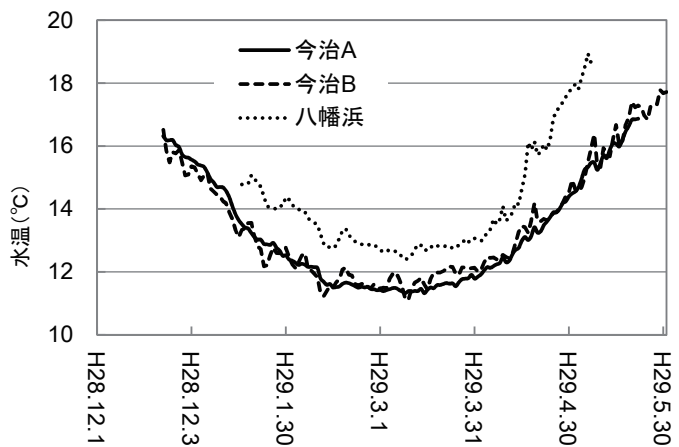


図6 ニジマス海面養殖試験中の水温推移(H28年度)

治A(大)が1,642g、今治B(大)が1,165gと今治Aの方が増加していた。一方で、選別時に小個体を収容した生簀である今治A(小)の平均魚体重は368g、今治B(小)は388gと種苗導入時より減少しており、選別時に小個体であった個体はその後の成長も見られなかった。また、選別を実施していない八幡浜の出荷時の平均魚体重は5月の出荷時に361gであり、種苗導入時よりも減少していたが、これはサンプリングが小さいサイズに偏っていたためと考えられた。

また、ニジマス魚肉中の脂質含量は種苗導入時6.5g/100gであったが、出荷時に今治A、B(大)でそれぞれ16.7g/100gおよび13.0g/100gまで増加傾向を続けたほかは、今治A、B(小)および八幡浜で減少していた。

次に、a値は種苗導入時は今治A、Bで-0.7、八幡浜で-0.8であったが、5月には今治A(大)で3.6、今治B(大)で2.2と増加した。一方で同じ5月でも今治A(小)は-0.4、今治B(小)は-0.9、八幡浜は-1.0と種苗導入時と同程度であり、肉眼でもサケ特有の赤色はみられず白身のものが多かった。市販のニジマス(チリ産)のa値は、2.4と今治A、Bの(大)とほぼ同等であった。

これらのことから、3月までの試験結果と同じく5月の出荷時までの結果でも、大きいサイズのものは脂質含量が多く赤色も強い傾向にあるが、成長の悪い個体は脂質含量が低く、赤色も弱い結果となった。導入後1ヶ月に小サイズの個体は選別後も成長がみられていないことから、小個体の成長を促す方法を検討する必要が示唆された。

(2) 平成29～30年海面養殖試験

養殖試験中の全長、体重、一般成分および魚肉のLab値を表3および図5に示した。種苗導入時の平均魚体重は、静岡県産種苗を導入した今治Cが308g、松山が315g、長野県産種苗を用いた今治DおよびEが449gであった。3月に測定した際の魚体重は、今治Cが284g、今治Dが480gと導入時とほぼ同じか減少していた。

ニジマス魚肉中の脂質含量は、今治Cで7.2/100gであったが、3月は5.1g/100gまで減少していた。また今治Dは7.5g/100gであったが、3月には7.8g/100gとほぼ変わらなかった。

a値は、種苗導入時は今治Cで-1.0、今治Dで-0.3であったが、3月には今治Cで-0.3、今治Dで0.0とやや増加した。

平成29年度の試験では導入時～3月にかけて成長がほとんどみられず、それに伴って脂質含量の減少が起きていたと考えられる。これは冬期の低水温が関係していると推測されるほか、今治Dではサケ科ヘルペスウイルス病が発生したためにへい死魚が増加したこと等が要因の1つと考えられた。現在も試験養殖を継続しており、その後の結果を報告する。

4 サケ類(アマゴ)海水馴致試験

海水馴致試験の各試験区で導入した供試魚の体重、および馴致終了後10日目までのへい死魚の体重を図7に示す。生残率については尾数が30尾の試験区1～6で97～100%と高かったが、尾数が60尾の試験区7～9では60～85%と低下した。また、どの試験区においても海水馴致途中のへい死はみられず、すべてが馴致終

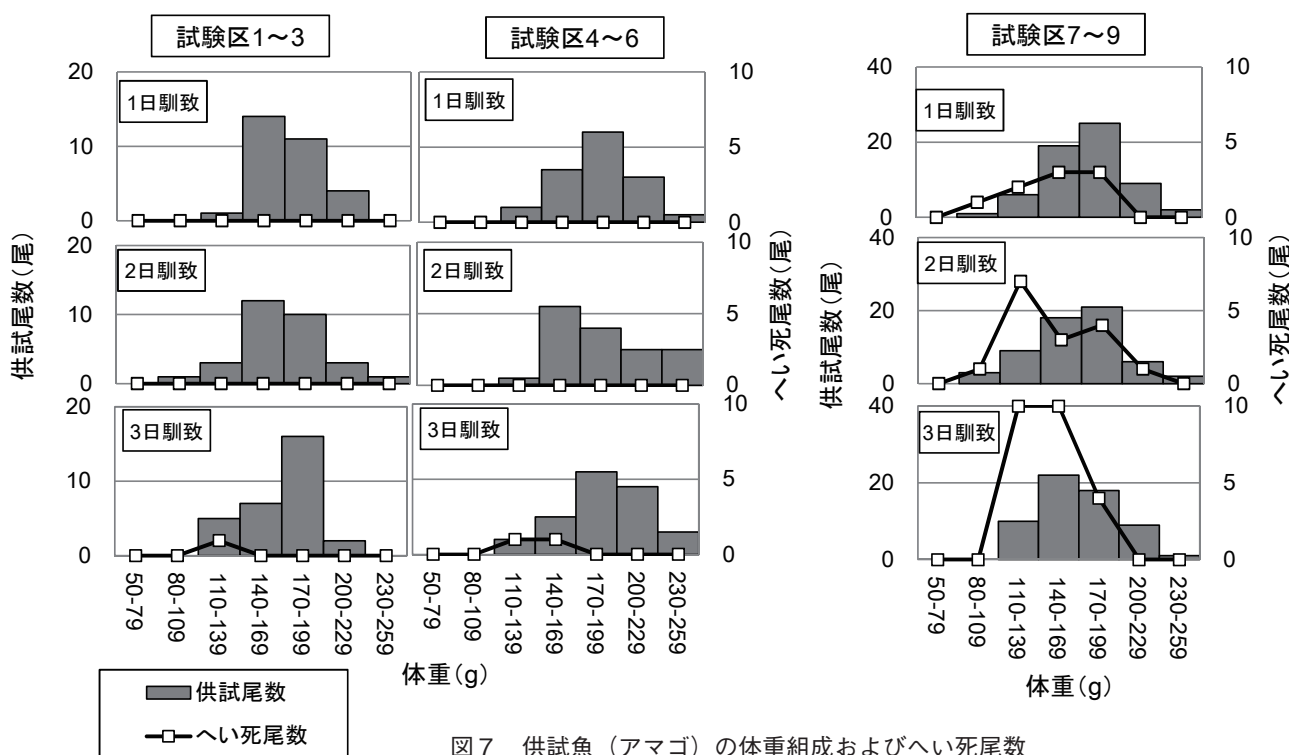


図7 供試魚(アマゴ)の体重組成およびへい死尾数

了後にへい死した。このことから、高密度での海水馴致は生残率を低下させると考えられた。また、ストレス指標である血中グルコース濃度は海水馴致前と比較して馴致後に低下しており、海水馴致日数による違いは各期間で異なる傾向を見せた(図8)。

5 みかんフィッシュ生産試験

(1) 平成28～29年実施分

官能試験の結果を表4に示した。結果、外観、食感、

脂の乗り、味わい等については平均4点以上と好評価だが、柑橘の香りに関しては、丁度良い～ほのかにする、との評価が得られ、いよかんオイル添加量の適正化が課題と考えられた。

(2) 平成29～30年実施分

4月上旬からいよかんオイルを添加した餌料を投餌する予定であり、ニジマスを出荷する次年度に結果を報告する。

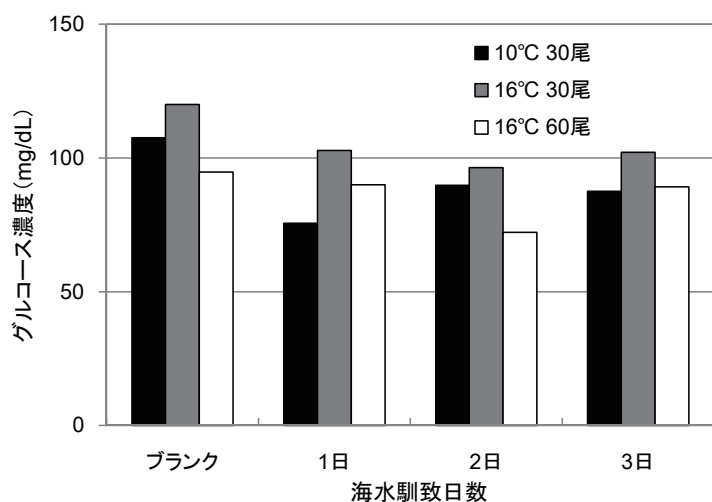


図8 グルコース濃

表4 平成28年度ニジマス官能試験結果

	評価 →5:大変良い、4:良い、3:普通、2:悪い、1:大変悪い ※柑橘の香り→4:強すぎる、3:丁度良い、2:ほのかにする、1:しない				
	外観	食感	脂の乗り	味わい	柑橘の香り
供試ニジマス					
今治(A)	4.3	4.1	4.1	4.2	2.7
今治(B)	3.9	4.0	4.1	4.2	1.8

魚類の成長促進技術の開発

(ファインバブル利用技術開発事業)

坂口 秀雄・中村 翠珠

目 的

100 μ m以下の気泡はファインバブル(FB)と呼ばれており、気体を効率的に溶解する効果、生物の生理活性効果、洗浄効果などがあるとされている。そこで、酸素FBを利用してヒラメなどの養殖対象魚の成長を促進する技術を開発し、魚類養殖の低コスト化を図る。

方 法

1 発生条件試験

酸素FBを発生させた飼育水は溶存酸素量が高濃度となることが予想されるため、ヒラメを溶存酸素濃度別に飼育し、高濃度の酸素がヒラメの成長に影響を与えるかどうかを確認した。

200L 黒色ポリカーボネート水槽3面に砂ろ過海水を1.4L/分の割合で注水し、酸素分散器で酸素を通気し、溶存酸素量をそれぞれ100% (DO100%区)、200% (DO200%区)および300% (DO300%区)に調整した。ヒラメ(平均体重50g)を各試験区20尾ずつ収容し、7月11日から8月10日までの30日間、平日に市販配合飼料(ひらめEP F-6:日清丸紅飼料株式会社)を飽食給餌した。

2 魚類飼育試験

酸素FB海水を用いてヒラメを飼育し、成長促進や生残率の向上がみられるかどうかを試験した。

(1) 試験1

1,000L 黒色ポリカーボネート水槽3面にヒラメ(平均体重299g)を20尾ずつ収容し、砂ろ過海水を20L/分の割合で注水し、中央部からオーバーフローにより排水した。試験区として、1)酸素FB区 2)酸素通気区 3)空気通気区の3区を設定した。酸素FB区は水槽に直接、FB発生装置を設置し、装置に海水と酸素を送り込むことによりFBを発生させた。ファインバブル発生装置は、株式会社ジンノ工業製を使用し、海水供給部に圧力計を、酸素供給部に流量計を取り付けた。海水供給圧力は0.03Mpaで、FB発生装置に酸素発生装置(オージネーター600)から酸素を0.4L/分の割合で供給した。酸素通気区は酸素発生装置から供給した酸素を分散器で試験区1)と同じ溶存酸素濃度になるように通気した(酸素通気量0.45L/分)。空気通気区はエアストーンで0.45L/分の割合で空気を通気した。10月23日から、平日に市販配合飼料(ひらめEP F-6)を飽食給餌した。

(2) 試験2

1,000L 黒色ポリカーボネート水槽3面にヒラメ(平

均体重363g)を15尾ずつ収容し、砂ろ過海水を21L/分の割合で注水し、中央部からオーバーフローにより排水した。試験区として、1)酸素FB区 2)酸素通気区 3)空気通気区の3区を設定した。酸素FB区は500Lアルテミアふ化水槽にFB発生装置を設置してFBを発生させ、底から排水したFB海水を飼育水槽に注入した。海水供給圧力は0.03Mpaで、FB発生装置に酸素発生装置から酸素を0.45L/分の割合で供給した。酸素通気区は酸素発生装置から供給した酸素を分散器で酸素FB区と同じ溶存酸素濃度になるように通気した(酸素通気量0.4L/分)。空気通気区はエアストーンで0.6L/分の割合で空気を通気した。11月13日から12月11日までの29日間、平日に市販配合飼料(ひらめEP F-6)を飽食給餌した。

(3) 試験3

1,000L 黒色ポリカーボネート水槽3面にヒラメ(平均体重533g)を15尾ずつ収容し、砂ろ過海水を21L/分の割合で注水し、中央部からオーバーフローにより排水した。試験区として、1)酸素FB区 2)酸素通気区 3)空気通気区の3区を設定した。酸素FB区は水槽に直接、FB発生装置を設置し、底面を閉じ側面を開口し2mm目のネットを張った塩ビ管(ϕ 150mm)でFB放出部を覆い、FBが直接ヒラメに当たらないようにした。FB発生装置は、株式会社ジンノ工業製を使用し、海水供給部に圧力計を、酸素供給部に流量計を取り付けた。海水供給圧力は0.03Mpaで、FB発生装置に酸素発生装置から酸素を0.1L/分の割合で供給した。酸素通気区は、酸素発生装置から供給した酸素を分散器で酸素FB区と同じ溶存酸素濃度になるように通気した(酸素通気量0.2L/分)。空気通気区はエアストーンで0.3L/分の割合で空気を通気した。1月22日から、平日に市販配合飼料(ひらめEP F-6)を飽食給餌した。

3 殺菌能力試験

酸素FBの殺菌(除菌)能力の有無を確認するために、上記魚類飼育試験中に各試験区における飼育水の一般海洋細菌およびビブリオ属の生菌数を調査した。魚類飼育試験の試験1の事前、試験2の事後、試験3の試験中に1度ずつ3試験区で採水し、生菌数を測定した。一般細菌の生菌数は寒天平板混濁法により、採取した試料1mLにZoBell2216寒天培地約15mLを加えた後に25 $^{\circ}$ Cで2~3日間好気条件下で培養し、出現コロニー数から海水1mLあたりの生菌数を計算した。ビブリオ細菌の生菌数はTCBS寒天培地を用いて上記同様に操作し海水1mLあたりの生菌数を計算した。

結果および考察

1 発生条件試験

試験結果を表1に示した。試験期間中の海水温は22.1~25.2℃で推移し、期間中に死亡した個体はいなかった。飼育水の溶存酸素量はDO100%区が平均105% (71~140%)、DO200%区が平均212% (139~278%)、DO300%区が平均298% (242~334%)であった。飼料効率はDO100%区が最も高く131%、次いでDO200%区の128%、DO300%区の124%の順であったが、日間給餌率は逆にDO300%区が最も高く2.67%、次いでDO200%区の2.50%、DO100%区の2.40%で、日間増重率はDO300%が2.43%、DO200%が2.35%、DO100%が2.31%となった。

ヒラメでは溶存酸素量100%に比べ200%以上では餌料効率は減少するが、溶存酸素量が高いほど餌食いが良くなり、日間増重量は増加した。以上のことから、溶存酸素量が300%まではヒラメの成長に悪影響を及

ぼさないことを確認した。

2 魚類飼育試験

(1) 試験 1

試験結果を表2に示した。酸素FB区では試験魚を収容してすぐに水面をアク状物質が覆った。酸素通気区でもアク状物質が見られたが、酸素FB区ほどではなかった。空気通気区ではアク状物質は見られなかった。溶存酸素量は酸素FB区が226~235%、酸素通気区が173~233%、空気通気区が92~95%であった。酸素通気区および空気通気区では死亡魚は見られなかったが、酸素FB区で試験開始後4日目に1尾、7日目に2尾が死亡した。死亡個体を検査したところ、スクーチカ症であることが判明し、同区の子の他の個体もスクーチカによる体表潰瘍が増加していったため、11日目に試験を中止した。酸素FBにより体表の粘液が剥がれ落ち、スクーチカに対する防御機能が低下したことが原因であると考えられた。

表 1 発生条件試験結果

試験区	DO 100%	DO 200%	DO 300%
飼育日数	30	30	30
給餌日数	22	22	22
水槽容量(L)	200	200	200
飼育尾数(尾)	20	20	20
終了時の生残率(%)	100	100	100
総給餌量(g)	703	919	946
開始時の平均体重(g)	43.6	54.1	51.1
終了時の平均体重(g)	89.7	113.0	109.8
水温(℃)	22.2-25.2	22.1-25.2	22.1-25.2
DO(%)	71-140	139-278	242-334
飼料効率(%)	131	128	124
増肉係数	0.76	0.78	0.81
日間給餌率(%)	2.40	2.50	2.67
日間増重率(%)	2.31	2.35	2.43

表 2 魚類飼育試験 (試験1) 結果

試験区	ファインバブル区	酸素通気区	空気通気区
飼育日数	11	11	11
給餌日数	7	7	7
水槽容量(L)	1000	1000	1000
飼育尾数(尾)	20	20	20
終了時の生残率(%)	85	100	100
総給餌量(g)	224	542	316
開始時の平均体重(g)	297.2	306.4	294.3
終了時の平均体重(g)	-	-	-
水温(℃)	20.8-21.4	20.8-21.4	20.8-21.4
DO(%)	226-235	173-233	92-95
飼料効率(%)	-	-	-
増肉係数	-	-	-
日間給餌率(%)	-	-	-
日間増重率(%)	-	-	-

(2) 試験2

試験結果を表3に示した。飼育水温は19.7~14.7℃の範囲で推移した。溶存酸素量は酸素FB区が168~183%、酸素通気区が142~180%、空気通気区が89~94%の範囲で推移した。なお、試験期間中に死亡した個体はいなかった。

酸素通気区でアク状物質がみられたが、他の2試験区ではアク状物質は発生しなかった。総給餌量は酸素FB区が1,251g、酸素通気区が1,345g、空気通気区が997gであった。

試験終了時の供試魚の平均体重は、酸素FB区が473.3g、酸素通気区が488.1g、空気通気区が443.1gであり、3試験区間で有意な成長差はみられなかった。(P>0.05, Tukey法)

飼料効率は酸素FB区が128%、酸素通気区が136%、空気通気区が133%であったが、日間給餌率が酸素FB区1.05%、酸素通気区1.10%、空気通気区0.88%と酸素通気区>酸素FB区>空気通気区の順で餌食いが良かったため、日間増重率も酸素FB区が0.88%、酸素通気区が0.98%、空気通気区が0.77%と日間給餌率と同様の順となった。

表3 魚類飼育試験(試験2)結果

試験区	ファインバブル区	酸素通気区	空気通気区
飼育日数	29	29	29
給餌日数	19	19	19
水槽容量(L)	1000	1000	1000
飼育尾数(尾)	15	15	15
終了時の生残率	100	100	100
総給餌量(g)	1251	1345	997
開始時の平均体	366.3	366.4	354.5
終了時の平均体	473.3	488.1	443.1
水温(℃)	19.7-14.7	19.7-14.7	19.7-14.7
DO(%)	168-183	142-180	89-94
飼料効率(%)	128.3	135.7	133.3
増肉係数	0.78	0.74	0.75
日間給餌率(%)	1.05	1.10	0.88
日間増重率(%)	0.88	0.98	0.77

(3) 試験3

試験結果を表4に示した。飼育水温は7.2~12.2℃の範囲で推移した。溶存酸素量は酸素FB区が99~173%、酸素通気区が104~171%、空気通気区が96~102%の範囲で推移した。酸素FB区および酸素通気区では試験魚を収容してすぐに水面をアク状物質が覆ったが、試験1ほどではなかった。空気通気区ではアク状物質は見られなかった。なお、試験開始24日目に酸素通気区の1尾においてスクーチカによる潰瘍が確認されたので、この1尾を除去した。

試験終了時の供試魚の平均体重は、酸素FB区が534.5g、酸素通気区が539.9g、空気通気区が545.5gであり、3試験区間で有意な成長差はみられなかった。(P>0.05, Tukey法)

試験期間中の水温が7.2~12.2℃と低かったことから日間給餌率、飼料効率および日間増重率は低かったが、飼料効率、日間増重率は酸素通気区、空気通気区に比べて酸素FB区が低い結果になった。

3 殺菌能力試験

一般海洋細菌、ビブリオ細菌ともに3試験区による明瞭な傾向は見られず、ファインバブルによる殺菌(除菌)効果は確認できなかった。

表4 魚類飼育試験(試験3)結果

試験区	ファインバブル区	酸素通気区	空気通気区
飼育日数	66	66	66
給餌日数	27	27	27
水槽容量(L)	1000	1000	1000
飼育尾数(尾)	15	15	15
終了時の生残率	100	93.3	100
総給餌量(g)	377	346	403
開始時の平均体	529.9	531.3	536.3
終了時の平均体	534.5	539.9	545.5
水温(℃)	7.2-12.2	7.2-12.2	7.2-12.2
DO(%)	99-173	104-171	96-102
飼料効率(%)	18.3	34.8	34.2
増肉係数	5.5	2.9	2.9
日間給餌率(%)	0.17	0.17	0.18
日間増重率(%)	0.013	0.024	0.026